



**PAPI** de la  
**Canche**

Programme d'Action de Prévention  
des Inondations

**Partie 2. Programme d'Actions  
et de Prévention des Inondations  
Phase 1. Elaboration de la stratégie  
du PAPI complet**

**LPAPI 4**

**Note de présentation des actions  
structurelles - Variante**





Immeuble Central Seine  
42-52 quai de la Rapée  
75582 Paris Cedex 12

Email : [hydra@hydra.setec.fr](mailto: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 : 37093

Fichier : 37093\_LPAPI4\_Mesures\_structurelles\_v2.docx

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	24/08/2018	NMT	LPU/BST	103	-
2	30/08/2018	NMT	LPU	116	Prise en compte des remarques faites lors du CoSuiv du 28/08 Ajout des cartes de zones inondées avec les logements mis hors d'eau et encore inondés avec les ouvrages projetés

Document provisoire





## Table des matières

1	CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	11
1.1	Contexte de l'étude.....	11
1.2	Objectifs de l'étude.....	11
1.3	Déroulé de l'étude.....	12
1.4	Objet du présent livrable.....	12
2	DISPOSITION 6-5 / ACTION « CREER DES OUVRAGES DE RETENTION DANS LES BASSINS VERSANTS EN AMONT D'ENJEUX CONCENTRES ».....	13
2.1	Principes de dimensionnement.....	13
2.2	Définition du scénario d'aménagement à étudier.....	14
2.2.1	Estimation préalable du nombre d'ouvrages de rétention envisageables par sous-bassin versant..	14
2.2.2	Identification des sites d'implantation des ouvrages.....	18
2.2.3	Dimensionnement des ouvrages de rétention.....	18
2.3	Impact hydraulique des ouvrages de rétention étudiés.....	21
2.3.1	Ouvrage sur la Canche amont.....	21
2.3.2	Ouvrage sur le Bras de Brosne.....	48
2.3.3	Ouvrages sur la Dordonne et sur l'Huitrepin.....	54
2.4	Constitution et coût des aménagements.....	65
2.4.1	Principes de constitution des ouvrages.....	65
2.4.2	Coûts des aménagements.....	66
2.5	Analyse Coûts-Bénéfices.....	67
2.5.1	Calcul du dommage moyen annuel (DMA) et du dommage évité moyen annuel (DEMA).....	67
2.5.2	Coûts pris en compte pour l'ACB.....	68
2.5.3	Analyse de la performance économique.....	68
2.5.4	Population mise à pieds secs.....	69
3	DISPOSITION 7-1 : FIABILISER ET OPTIMISER LE SYSTEME D'ENDIGUEMENT DE LA BASSE-VALLEE.....	70
3.1	Principes de dimensionnement.....	70
3.2	Définition du scénario d'aménagement à étudier.....	70
3.2.1	Implantation des ouvrages.....	70
3.2.2	Dimensionnement hydraulique des ouvrages.....	72
3.3	Impact hydraulique du système d'endiguement étudié.....	76
3.4	Constitution et coût des aménagements.....	84
3.4.1	Dispositions constructives.....	84
3.4.2	Coût des aménagements.....	84
3.5	Analyse Coûts-Bénéfices.....	85
3.5.1	Calcul du dommage moyen annuel (DMA) et du dommage évité moyen annuel (DEMA).....	85
3.5.2	Coûts pris en compte pour l'ACB.....	86
3.5.3	Analyse de la performance économique.....	86



3.5.4	Population mise à pieds secs .....	87
4	DISPOSITION 6-4 : RECONQUERIR LES CAPACITES NATURELLES D'EXPANSION DES CRUES EN FOND DE VALLEE .....	88
4.1	Remise en fond de vallon de la Dordogne en aval de Bréxent-Enocq.....	88
4.1.1	Hydrogrammes.....	88
4.1.2	Niveaux d'eau et emprises inondées.....	89
4.2	Reconquête du lit majeur de la Canche entre Marles-sur-Canche et Montreuil.....	92
4.2.1	Dimensionnement .....	92
4.2.2	Impact hydraulique de la ZEC .....	93

## ANNEXES

Annexe 1 - Cartes des zones inondées en situation actuelle et avec les ouvrages projetés avec les logements mis à sec et encore inondés

Document provisoire



## Table des illustrations

Figure 2-1 : Périodes de retour retenues pour caractériser la crue fréquente	13
Figure 2-2 : Poches d'enjeux identifiées	15
Figure 2-3 : Principe de calcul du volume à écrêter	16
Figure 2-4 : Can_am1 et Can_am2 : Emplacement des ouvrages	19
Figure 2-5 : Bb : Emplacement de l'ouvrage	19
Figure 2-6 : Do1 et Do2 : Emplacement des ouvrages	20
Figure 2-7 : Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4 : Emplacement des ouvrages	21
Figure 2-8 : Can_am1: Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté Crue fréquente	22
Figure 2-9 : Can_am1: Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté Crue moyenne	23
Figure 2-10 : Can_am1: Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté Crue de décembre 1999	23
Figure 2-11 : Can_am2: Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté Crue fréquente	24
Figure 2-12 : Can_am2: Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté Crue moyenne	25
Figure 2-13 : Can_am2: Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté Crue de décembre 1999	25
Figure 2-14 : Can_am1 et Can_am2: Hydrogrammes en aval de l'ouvrage Can_am2 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés Crue fréquente	26
Figure 2-15 : Can_am1 et Can_am2: Hydrogrammes en aval de l'ouvrage Can_am2 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés Crue moyenne	26
Figure 2-16 : Can_am1 et Can_am2: Hydrogrammes en aval de l'ouvrage Can_am2 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés Crue de décembre 1999	27
Figure 2-17 : Can_am1 et Can_am2 : Profil en long de la Canche avant et après création des ouvrages Crue fréquente	28
Figure 2-18 : Can_am1 et Can_am2 : Profil en long de la Canche avant et après création des ouvrages Crue moyenne	29
Figure 2-19 : Can_am1 et Can_am2 : Profil en long de la Canche avant et après création des ouvrages Crue de décembre 1999	30
Figure 2-20 : Can_am1 et Can_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue fréquente (1/2)	31
Figure 2-21 : Can_am1 et Can_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue fréquente (2/2)	32
Figure 2-22 : Can_am1 et Can_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue fréquente (1/3)	33
Figure 2-23 : Can_am1 et Can_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue fréquente (2/3)	34
Figure 2-24 : Can_am1 et Can_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue fréquente (3/3)	35
Figure 2-25 : Can_am1 et Can_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue de décembre 1999 (1/3)	36
Figure 2-26 : Can_am1 et Can_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue de décembre 1999 (2/3)	37
Figure 2-27 : Can_am1 et Can_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue de décembre 1999 (3/3)	38
Figure 2-28 : Can_am1 et Can_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages Crue fréquente (1/3)	39
Figure 2-29 : Can_am1 et Can_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages Crue fréquente (2/3)	40
Figure 2-30 : Can_am1 et Can_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages Crue fréquente (3/3)	41
Figure 2-31 : Can_am1 et Can_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages Crue moyenne (1/3)	42



Figure 2-32 : Can_am1 et Can_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages Crue moyenne (2/3)	43
Figure 2-33 : Can_am1 et Can_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages Crue moyenne (3/3)	44
Figure 2-34 : Can_am1 et Can_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages Crue de décembre 1999 (1/3)	45
Figure 2-35 : Can_am1 et Can_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages Crue de décembre 1999 (2/3)	46
Figure 2-36 : Can_am1 et Can_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages Crue de décembre 1999 (3/3)	47
Figure 2-37 : Can_am1 et Can_am2: Hydrogrammes de la Canche et de la Ternoise à proximité de leur confluence Crue de décembre 1999	48
Figure 2-38 : Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté Crue fréquente	49
Figure 2-39 : Bb : Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté Crue moyenne	49
Figure 2-40 : Bb : Profil en long du Bras de Brosnne avant et après création de l'ouvrage Crue fréquente	50
Figure 2-41 : Bb : Profil en long du Bras de Brosnne avant et après création de l'ouvrage Crue moyenne	50
Figure 2-42 : Bb : Impact de l'ouvrage projeté pour la crue fréquente	51
Figure 2-43 : Bb : Impact de l'ouvrage projeté pour la crue moyenne	52
Figure 2-44 : Bb : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création de l'ouvrage Crue fréquente	52
Figure 2-45 : Bb : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création de l'ouvrage Crue moyenne	53
Figure 2-46 : Bb: Hydrogrammes de la Canche et du Bras de Brosnne à proximité de leur confluence Crue fréquente	54
Figure 2-47 : Do1, Do2 : Hydrogrammes en amont et en aval des ouvrages projetés Crue fréquente	55
Figure 2-48 : Do1, Do2 : Hydrogrammes en amont et en aval des ouvrages projetés Crue moyenne	55
Figure 2-49 : Do1 et Do2: Hydrogrammes en aval de l'ouvrage Do1 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés Crue moyenne	56
Figure 2-50 : Do1 et Do2: Hydrogrammes en aval de l'ouvrage Do2 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés Crue moyenne	56
Figure 2-51 : Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4 : Hydrogrammes en amont et en aval des ouvrages projetés Crue fréquente	57
Figure 2-52 : Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4 : Hydrogrammes en amont et en aval des ouvrages projetés Crue moyenne	58
Figure 2-53 : Do1 et Do2 : Profils en long de la Dordonne avec les ouvrages projetés Crue fréquente	58
Figure 2-54 : Do1 et Do2 : Profils en long de la Dordonne avec les ouvrages projetés Crue moyenne	59
Figure 2-55 : Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4 : Profils en long de l'Huitrepin avec les ouvrages projetés Crue fréquente	59
Figure 2-56 : Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4 : Profils en long de l'Huitrepin avec les ouvrages projetés Crue moyenne	60
Figure 2-57 : Hui1, Hui2, Do1 et Do2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue fréquente	61
Figure 2-58 : Hui1, Hui2, Do1 et Do2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue moyenne	62
Figure 2-59 : Hui1, Hui2, Do1 et Do2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages - Crue fréquente	63
Figure 2-60 : Hui1, Hui2, Do1 et Do2 : Zone inondée avant (orange) /avec les ouvrages de rétention projetés (hachures bleues) - Crue moyenne	64
Figure 2-61 : Coupe-type d'un ouvrage de rétention	65
Figure 2-62 : Coupe-type de l'ouvrage de fuite	65
Figure 2-63 : Hui1 et Hui2 : DMA et DEMA pour la création des ouvrages	67



Figure 3-1 : Dignes de la basse vallée – Second scénario modélisé	71
Figure 3-2 : Localisation des seuils de sécurité	72
Figure 3-3 : Dignes de la basse vallée –Scénario modélisé	75
Figure 3-4 : Profil en long de la Canche en aval de Montreuil avant et après modification des digues de la Basse-vallée	77
Figure 3-5 : Impact des digues projetées pour la crue fréquente	78
Figure 3-6 : Impact des digues projetées pour la crue moyenne	79
Figure 3-7 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) modification des digues Crue fréquente (1/2)	80
Figure 3-8 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) modification des digues Crue fréquente (2/2)	81
Figure 3-9 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) modification des digues Crue moyenne (1/2)	82
Figure 3-10 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) modification des digues Crue moyenne (2/2)	83
Figure 3-11 : DMA et DEMA pour le projet d'endiguement de la Basse-vallée	86
Figure 4-1 : Mise en fond de vallée de la Dordogne – Hydrogrammes avec et sans aménagement Crue fréquente	88
Figure 4-2 : Mise en fond de vallée de la Dordogne – Hydrogrammes avec et sans aménagement Crue moyenne	89
Figure 4-3 : Remise en fond de vallée de la Dordogne : Impact sur les niveaux pour la crue fréquente	90
Figure 4-4 : Remise en fond de vallée de la Dordogne : Impact sur les niveaux pour la crue moyenne	90
Figure 4-5 : Remise en fond de vallée de la Dordogne : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) – Crue fréquente	91
Figure 4-6 : Remise en fond de vallée de la Dordogne : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) – Crue moyenne	91
Figure 5-1 : ZEC en amont de Montreuil : ouvrages projetés	93
Figure 5-2 : ZEC en amont de Montreuil : Hydrogrammes en amont et en aval en situation actuelle et à l'état projet – Crue fréquente	94
Figure 5-3 : ZEC en amont de Montreuil : Hydrogrammes en amont et en aval en situation actuelle et à l'état projet – Crue moyenne	94
Figure 5-4 : ZEC en amont de Montreuil : Impact sur les niveaux pour la crue fréquente	95
Figure 5-5 : ZEC en amont de Montreuil : Impact sur les niveaux pour la crue moyenne	96
Figure 5-6 : ZEC en amont de Montreuil : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création de la ZEC Crue fréquente (1/2)	97
Figure 5-7 : ZEC en amont de Montreuil : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création de la ZEC Crue fréquente (2/2)	97
Figure 5-8 : ZEC en amont de Montreuil : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création de la ZEC Crue moyenne (1/2)	98
Figure 5-9 : ZEC en amont de Montreuil : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création de la ZEC Crue moyenne (2/2)	99
Tableau 2-1 : Calcul du nombre d'ouvrage de rétention envisageable par bassin versant pour assurer une ACB positive	17
Tableau 2-2 : Can_am1 et Can_am2 : Caractéristiques des ouvrages	19
Tableau 2-3 : Bb : Caractéristiques de l'ouvrage	19



Tableau 2-4 : Do1 et Do2 : Caractéristiques des ouvrages	20
Tableau 2-5 : Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4 : Caractéristiques des ouvrages	21
Tableau 2-6 : Can_am1 et Can_am2 : Débits maximaux en aval de l'ouvrage Can_am2 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés	27
Tableau 2-7 : Do1 et Do2 : Débits maximaux en aval de l'ouvrage Do2 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés	57
Tableau 2-8 : Coût d'investissement pour chaque aménagement projeté	66
Tableau 2-9 : DMA et DEMA pour tous les ouvrages de rétention projetés	67
Tableau 2-10 : Résultats de l'ACB pour tous les ouvrages de rétention projetés	69
Tableau 2-11 : population mise au sec grâce à chacun des ouvrages de rétention projetés	69
Tableau 3-1 : Ecart de cotes atteintes dans la Basse-vallée entre les 2 scénarios de digues modélisés	76
Tableau 3-2 : Coût d'investissement pour le projet d'endiguement de la Basse-vallée	85
Tableau 3-3 : Analyse coûts-bénéfices du projet d'endiguement de la Basse-vallée	86
Tableau 3-4 : Indicateurs d'efficience du projet d'endiguement de la Basse-vallée	86
Tableau 3-5 : Test de sensibilité sur la crue de premiers dommages pour l'ACB du projet d'endiguement de la Basse-vallée	87
Tableau 3-6 : Test de sensibilité sur le DEMA pour l'ACB du projet d'endiguement de la Basse-vallée	87



# 1 Cadre et objectifs de l'étude

## 1.1 Contexte de l'étude

Le bassin versant de la Canche, d'une superficie de 1 275 km<sup>2</sup>, situé dans le Pas de Calais, regroupe 203 communes pour 104 500 habitants et 12 communautés de communes.

Des inondations ont touché tout ou une partie du territoire en : 1988, 1993, 1994, 1999, 2002, et plus récemment 2012 et 2013.

Suite à la crue de décembre 1994, la DDTM62 a réalisé le PPRI de 21 communes situées en aval de la Canche exposées au risque d'inondation par débordement de la Canche. Ce « PPRI de la Canche aval » a été approuvé par le Préfet en 2003.

En parallèle, les Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) du bassin versant de la Canche ont réalisé des aménagements pour la protection des populations contre les crues (dans la vallée / dans les bassins versants, des ouvrages légers / des ouvrages structurants...). Cependant, la récurrence des épisodes d'inondation a fait émerger la nécessité d'une démarche coordonnée et cohérente à l'échelle du bassin versant entier, qui se concrétisa dans le « PAPI d'Intention » de la Canche, porté par le Symcées, labellisé en 2014. Le PAPI d'intention est une première étape, qui vise à établir un premier diagnostic du territoire et permet de mobiliser les maîtres d'ouvrage en vue de la réalisation du « PAPI Complet ».

Le Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) est un outil contractuel entre les collectivités locales et l'Etat, qui décline un ensemble d'actions visant à réduire l'aléa ou la vulnérabilité des personnes et des biens de manière progressive, cohérente et durable. Ces actions doivent être déclinées en 7 axes, de façon équilibrée :

- Axe 1 - L'amélioration de la connaissance et de la conscience du risque,
- Axe 2 - La surveillance, la prévision des crues et des inondations,
- Axe 3 - L'alerte et la gestion de crise,
- Axe 4 - La prise en compte du risque inondation dans l'urbanisme,
- Axe 5 - Les actions de réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens,
- Axe 6 - Le ralentissement des écoulements,
- Axe 7 - La gestion des ouvrages de protection hydraulique.

Le PAPI est élaboré par les collectivités locales dans le cadre de l'appel à projet lancé en 2002 par le ministère de l'écologie et du développement durable, prolongé en 2011 par un nouvel appel à projets PAPI. Pour bénéficier de l'appui de l'État, notamment via le fond de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM), le projet doit être labellisé par un comité partenarial au niveau national ou local, regroupant entre autres des représentants de l'État et des collectivités locales.

Parallèlement, et suite aux épisodes d'inondation de 2012, les services de l'Etat ont réalisé une analyse de la procédure du PPR approuvé et ont programmé l'acquisition de données topographiques fines (de type LIDAR) sur l'ensemble du bassin versant de la Canche. A l'issue de ces démarches, une procédure de révision du PPRI a été engagée.

## 1.2 Objectifs de l'étude

Aujourd'hui, le Symcées et la DDTM62 associent leurs démarches.

L'étude a pour objet la réalisation conjointe DDTM62/Symcées du PAPI complet de la Canche et d'un nouveau PPRI de la Canche sur la base d'un diagnostic approfondi et partagé.

L'étude porte sur l'ensemble des problématiques inondation pouvant affecter le territoire : les ruissellements sur les versants, les débordements de cours d'eau (Canche et affluents), les remontées de nappe, et l'influence maritime, et ce, sur l'ensemble du bassin versant de la Canche.

Les temps forts de réalisation du PAPI concernent :

- L'établissement et le partage du diagnostic,
- La rédaction et la présentation des actions envisagées dans le cadre du cahier des charges PAPI selon 7 axes,



- La labellisation.

La révision attendue du PPR comprend :

- La définition des aléas et des enjeux pour les communes concernées par la procédure administrative,
- L'élaboration des documents réglementaires du PPRI (note de présentation, cartes du zonage réglementaire, règlement, bilan de la concertation).

Les objectifs finaux de labellisation du PAPI et de mise en place des PPRI passent par la mise en place d'une concertation active pour que les deux projets soient partagés et acceptés.

### 1.3 Déroulé de l'étude

L'étude se déroule en 3 parties :

- Partie 1 : Le diagnostic territorial, socle commun aux parties 2 et 3,
- Partie 2 : PAPI,
- Partie 3 : PPRI.

La deuxième partie relative à l'élaboration du PAPI complet se décompose en 3 phases :

- Phase 1 : Elaboration de la stratégie,
- Phase 2 : Elaboration du programme d'actions,
- Phase 3 : Réalisation du dossier en vue de la labellisation.

La seconde phase du PAPI comprend des livrables associés aux mesures structurelles (livrables LPAPI 3 à LPAPI 7), et des livrables associés aux mesures non structurelles (LPAPI 8 à LPAPI 10). Le programme d'action complet est ensuite présenté dans le livrable LPAPI 11.

### 1.4 Objet du présent livrable

Le présent document constitue le livrable LPAPI 4. Il présente une seconde série de simulations d'aménagements structurels réalisées à l'aide de la modélisation hydraulique concernant les actions structurelles de la stratégie, c'est-à-dire :

- Disposition 6-5 : Maîtriser les écoulements et ruissellements en vue de réduire les risques d'inondation  
Action « Créer des ouvrages de rétention dans les bassins versants en amont d'enjeux concentrés »
- Disposition 7-1 : Fiabiliser et optimiser le système d'endiguement de la Basse-vallée  
Actions :
  - « Créer de nouvelles digues rapprochées des enjeux identifiés »
  - « Araser les digues protégeant actuellement des secteurs avec peu d'enjeux »
  - « Conforter les digues protégeant des enjeux majeurs et ne pouvant pas être reculées »

Pour chacune de ces actions, les impacts hydrauliques sont quantifiés. Une analyse coûts-bénéfices et la comptabilisation de la population mise à pieds secs sont également menées afin d'en déterminer leur viabilité.

## 2 Disposition 6-5 / Action « Créer des ouvrages de rétention dans les bassins versants en amont d'enjeux concentrés »

Le rapport LPAPI3 avait permis d'argumenter sur quels sous bassins versants étudier la création d'ouvrages de rétention, et dans quelles zones placer ces ouvrages. Cette argumentation est rappelée dans les paragraphes 2.2.1 et 2.2.2 ci-dessous.

Pour mémoire, le LPAPI3 présentait un premier test « fictif » maximisant les gains hydrauliques et minimisant le coût des ouvrages, c'est-à-dire avec un seul ouvrage par site (pas d'ouvrages en cascade), même si la hauteur résultante de l'ouvrage de rétention était au-delà de ce qui serait effectivement réalisé.

Pour chacune des zones d'aménagement pré-identifiées, la variante étudiée ici consiste à limiter la hauteur des ouvrages de rétention à 3 m maximum (sauf pour un des ouvrages de rétention de la Canche amont, qui fait 3.5 m), ce qui impose d'étagé certains ouvrages (création de plusieurs ouvrages en cascade). Ce point est détaillé dans le paragraphe 2.2.3.

Ensuite, les aménagements ainsi définis sont étudiés vis-à-vis de leurs impacts hydrauliques, de leurs coûts et de leur viabilité économique dans les paragraphes 2.3, 2.4 et 2.5 respectivement.

### 2.1 Principes de dimensionnement

Conformément à la stratégie du PAPI, les ouvrages de rétention sont dimensionnés pour protéger les enjeux concentrés contre la crue fréquente.

La figure ci-après rappelle la période de retour de la crue fréquente retenue sur chaque cours d'eau :

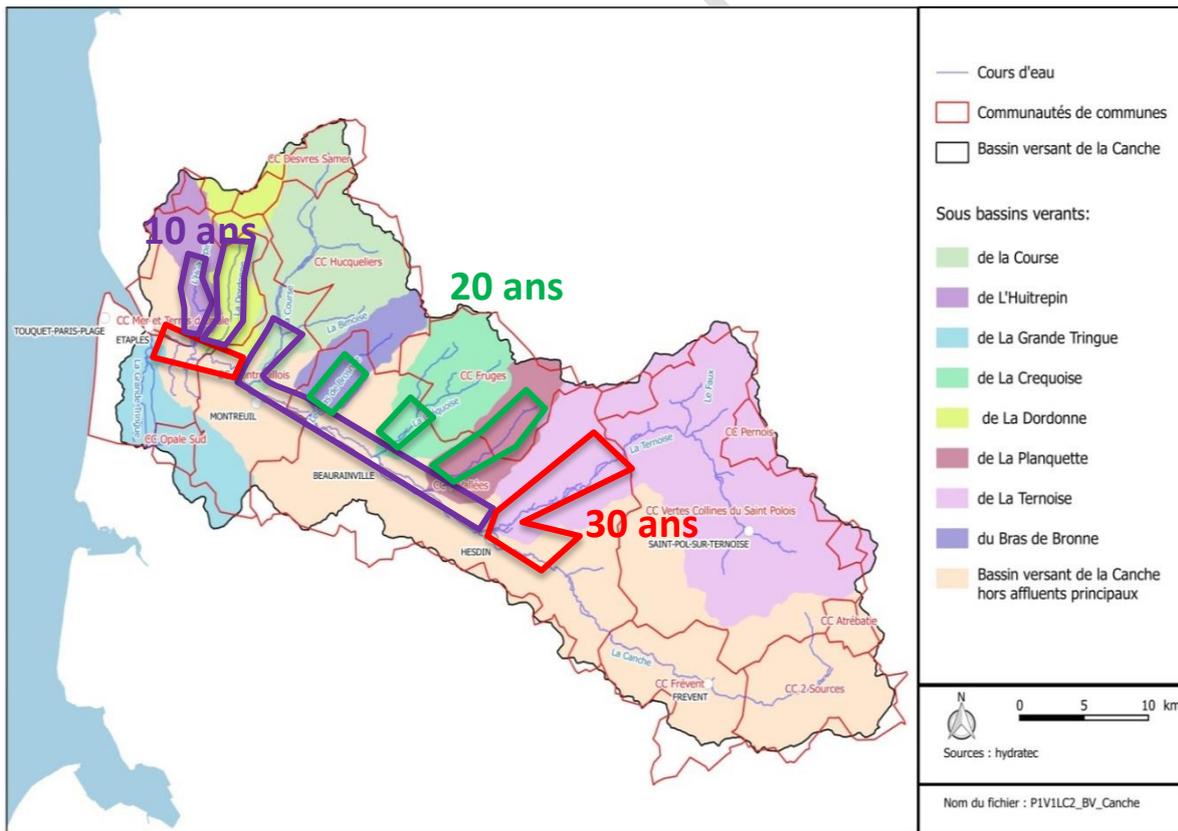


Figure 2-1 : Périodes de retour retenues pour caractériser la crue fréquente



## 2.2 Définition du scénario d'aménagement à étudier

### 2.2.1 Estimation préalable du nombre d'ouvrages de rétention envisageables par sous-bassin versant

#### a) *Efficacité hydraulique des ouvrages recherchée*

Dans un premier temps, des poches d'enjeux touchés par la crue fréquente sont définies selon un critère de proximité géographique, dans les linéaires couverts par la modélisation. 24 poches (appelées « zones » dans le tableau ci-après) sont identifiées.

Pour chaque poche, le coût total des dommages induits par la crue fréquente est calculé (colonne Dommages S4 du tableau).

Document provisoire

Zones ayant les coûts de dommages les plus élevés pour la crue fréquente

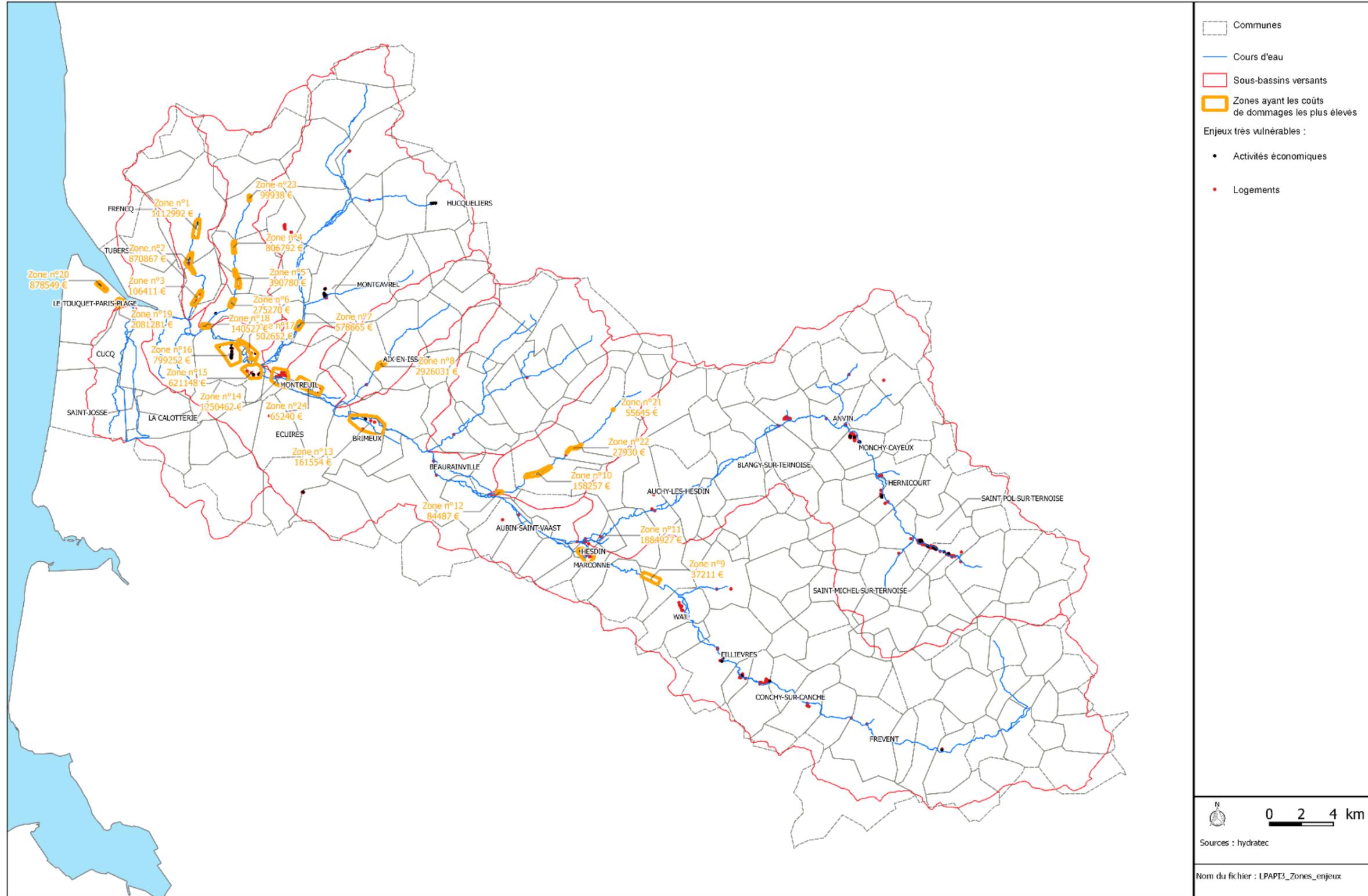


Figure 2-2 : Poches d'enjeux identifiées



Le débit maximum admissible (c'est-à-dire le débit pouvant transiter dans le cours d'eau sans inonder d'enjeu) est ensuite évalué dans chaque poche d'enjeu, puis est calculé le volume à écrêter sur la crue fréquente pour abaisser son débit de pointe au débit admissible (colonne « Volume à écrêter » du tableau ci-après). La figure ci-après présente le principe de calcul du volume à écrêter.

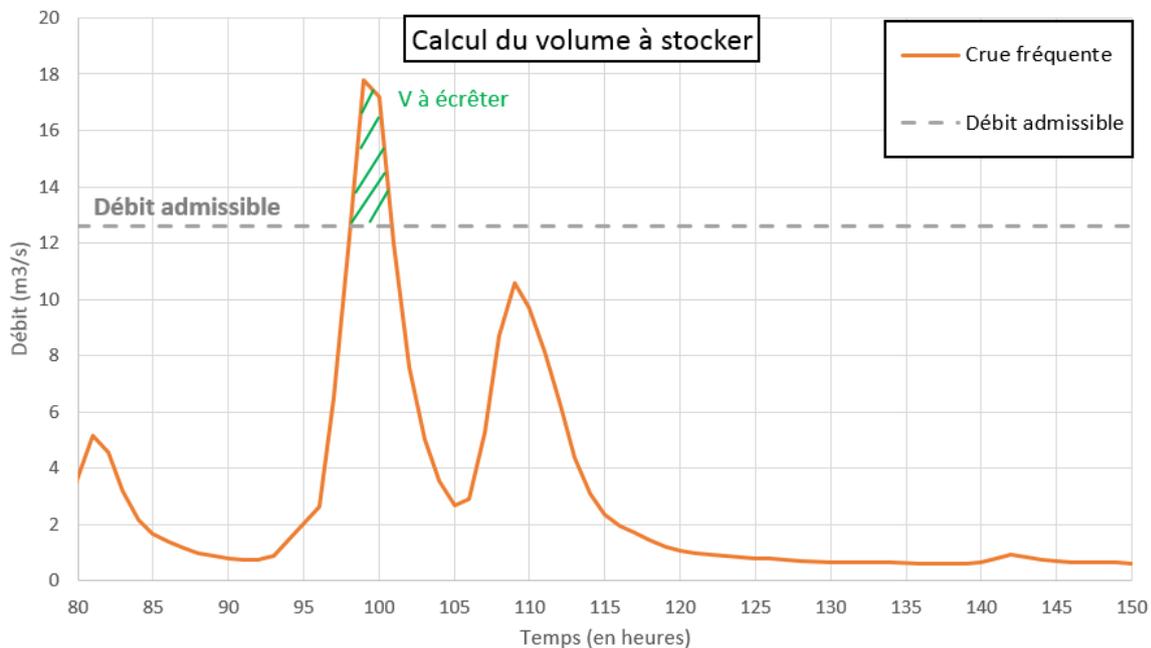


Figure 2-3 : Principe de calcul du volume à écrêter

#### b) Efficacité économique des ouvrages

Sur la base de notre retour d'expérience, le montant des travaux nécessaires pour réaliser les ouvrages de rétention capables de stocker ces volumes est évalué (colonne « Montant nécessaire pour stocker V »), avec les prix au mètre cube suivant :

- 25 €/m<sup>3</sup> si  $V < 200\,000\text{ m}^3$
- 15 €/m<sup>3</sup> si  $200\,000 < V < 1\,000\,000\text{ m}^3$
- 5 €/m<sup>3</sup> si  $V > 1\,000\,000\text{ m}^3$ .

Un calcul inverse d'ACB est ensuite réalisé pour chaque poche d'enjeu, afin de déterminer le montant maximum des travaux ( $C_o$ ) permettant d'assurer une ACB positive (colonne « Montant nécessaire pour stocker V » du tableau ci-après). Il repose sur les hypothèses suivantes :

- En situation actuelle : Crue sans aucun dommage = T 2 ans,
- Coût d'entretien des ouvrages négligé,
- Annulation totale des dommages pour la crue fréquente,
- Coût des dommages réduit de 5% pour la crue moyenne,
- Coût des dommages inchangés pour la crue extrême,

Dans ces conditions, à raison d'un coût de travaux moyen de 300 000 € par ouvrage de rétention (montant largement minoré), le nombre d'OH de rétention pouvant être réalisé est présenté par sous-bassin versant dans la colonne « Nb OH possibles » du tableau ci-après.

Il apparaît que, bien que les hypothèses formulées dans les calculs ne permettent que d'avoir une idée approximative du nombre d'ouvrages possibles, le sous-bassin versant du Bras de Brosne semble être le plus propice à une ACB positive en cas de réalisation d'un ouvrage. Sur tous les autres territoires, la réalisation de calculs plus précis permettra ou non de démontrer leur viabilité économique (cf. § 2.5).

Dans la suite de l'étude, nous étudierons néanmoins la réalisation d'un ouvrage de rétention pour les bassins versants pour lesquels le nombre d'ouvrage possible est supérieur à 0.5 d'après ces calculs préliminaires, soit sur : l'Huitrepin, la Dordonne, le Bras de Brosne et la Canche amont.



	ssBV	Volume à écrêter (m3)	Montant nécessaire pour stocker V €	Dommages S4 (€)	Co = Montant max pour ACB positive	Nb OH possibles
Zone 1	Huitrepin	37 057	926 424	1 112 992 €	110 181 €	0.7
Zone 2	Huitrepin	707	17 672	870 867 €	86 373 €	
Zone 3	Huitrepin	542 924	8 143 867	106 411 €	10 618 €	
Zone 4	Dordonne	155 299	3 882 465	806 792 €	79 943 €	0.5
Zone 5	Dordonne	1 423	35 572	390 780 €	38 912 €	
Zone 6	Dordonne	10 717	267 930	275 270 €	27 501 €	
Zone 23	Dordonne	115 346	2 883 645	99 938 €	10 044 €	
Zone 7	Course	1 208 986	6 044 932	578 665 €	57 411 €	0.2
Zone 8	Bras de Brosne	111 693	2 792 318	2 926 031 €	288 270 €	1.0
Zone 9	Canche amont	1 865 780	9 328 899	37 211 €	3 695 €	0.6
Zone 11	Canche amont	7 902	197 550	1 884 927 €	187 152 €	
Zone 13	Canche à Brimeux	2 649 116	13 245 579	161 554 €	16 681 €	0.5
Zone 14	Canche à Brimeux	13 183 466	65 917 328	1 250 462 €	125 658 €	
Zone 24	Canche à Brimeux	611 051	9 165 771	65 240 €	6 506 €	
Zone 16	Canche aval	119 850	2 996 258	799 252 €	78 867 €	Basse-vallée
Zone 17	Canche aval	119 850	2 996 258	502 652 €	49 520 €	Basse-vallée
Zone 15	Canche aval	119 850	2 996 258	621 148 €	61 130 €	Basse-vallée
Zone 18	Canche aval	0	0	140 527 €	13 782 €	Basse-vallée
Zone 19	Canche aval	0	0	2 081 281 €	205 020 €	Basse-vallée
Zone 20	Canche aval	0	0	878 549 €	86 508 €	Basse-vallée
Zone 10	Planquette	314 527	4 717 902	158 257 €	15 601 €	0.1
Zone 12	Planquette	197 096	4 927 388	84 487 €	8 322 €	
Zone 21	Planquette	0	0	55 645 €	5 479 €	
Zone 22	Planquette	174	4 361	27 930 €	2 806 €	
	<b>TOTAL</b>	<b>21 013 263 €</b>	<b>132 499 600 €</b>	<b>15 916 868 €</b>	<b>1 081 153 €</b>	<b>3.6</b>

Tableau 2-1 : Calcul du nombre d'ouvrage de rétention envisageable par bassin versant pour assurer une ACB positive



## 2.2.2 Identification des sites d'implantation des ouvrages

Les sites d'implantation des ouvrages ont été cherchés selon les critères suivants :

- Sans enjeux,
- En amont immédiat des poches d'enjeux situés en amont,
- Dans un tronçon de vallée présentant une bonne capacité de stockage, c'est-à-dire plutôt large et le moins pentu possible,
- Avec si possible la présence d'un verrou hydraulique en aval.

Les secteurs répondant à ces critères sont cartographiés sur les figures qui suivent. Ils sont localisés :

- sur l'Huitrepin entre le Turne et Frencq, dans la Plaine des Salmondes au niveau de la coopérative agricole ;
- sur la Dordonne entre le Bout de Haut et Cormont ;
- sur le Bras de Brosne entre Sempy et Aix-en-Issart ;
- sur la Canche
  - o entre St-Georges et Ste-Austreberthe, en amont de la D939,
  - o entre Boubers-sur-Canche et Monchel-sur-Canche.

## 2.2.3 Dimensionnement des ouvrages de rétention

### a) Principes de dimensionnement hydraulique

L'ouvrage de rétention est dimensionné selon les trois critères suivant :

- La hauteur de la retenue est limitée par la présence des enjeux en amont. L'écart entre la cote d'eau en amont de la retenue et la cote des enjeux amont doit être au minimum de 50 cm pour la crue fréquente.
- La hauteur d'eau dans la retenue est inférieure à trois mètres.
- Le diamètre de l'orifice de fuite est défini de façon à ce que le débit de fuite soit égal au débit admissible par les secteurs à enjeu situés en aval.

Si le second critère n'est pas rempli, dans un souci de limitation de la hauteur des ouvrages, la retenue est étagée en plusieurs ouvrages de rétention. Ainsi, les aménagements projetés comportent :

- 2 ouvrages de rétention sur la Canche amont,
- 1 ouvrage de rétention sur le Bras de Brosne,
- 2 ouvrages de rétention sur la Dordonne,
- 4 ouvrages de rétention sur l'Huitrepin.

Par ailleurs, si le premier critère n'est pas rempli, le(s) diamètre(s) de(s) l'orifice(s) de fuite de(s) ouvrage(s) est augmenté jusqu'à ce que celui-ci soit validé. Dans ce cas, le débit de fuite de l'aménagement est supérieur au débit admissible.

Les seuils de sécurité sont dimensionnés de façon à ce que la hauteur d'eau sur le seuil n'excède pas 50 cm pour la crue moyenne.

Le paragraphe b) donne une description succincte des aménagements projetés.

### b) Description des aménagements étudiés

- Aménagement de la Canche amont

L'aménagement de la Canche amont se compose de deux ouvrages de rétention. Du fait du remous aval, il n'est pas possible d'étagéer les deux retenues entre Saint-Georges et la D939. La retenue amont, d'un volume de 740 000 m<sup>3</sup>, est donc déplacée plus en amont entre Boubers-sur-Canche et Monchel-sur-Canche (ouvrage Can\_am1). La retenue aval (ouvrage Can\_am2) est située au même endroit que celui identifié dans le LPAPI3. Elle présente un volume de rétention de 730 000 m<sup>3</sup>. Les cartes qui suivent indiquent l'emplacement des ouvrages de rétention :

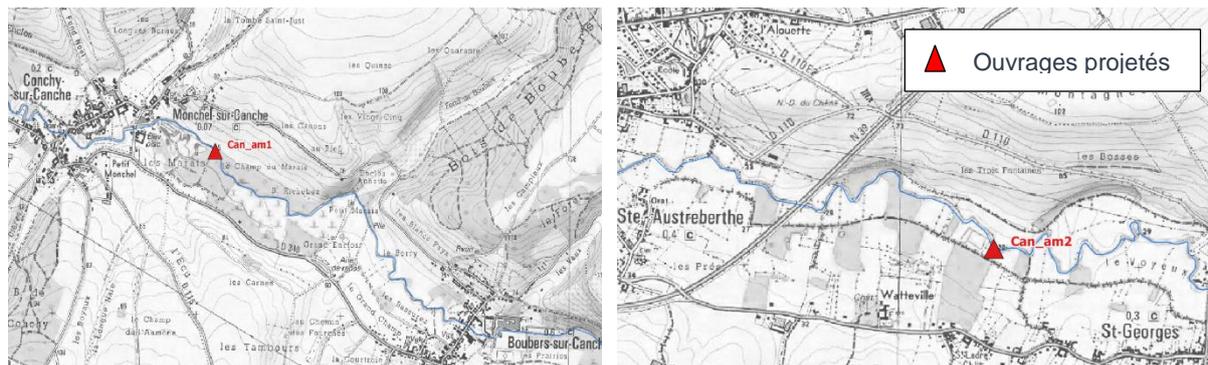


Figure 2-4 : Can\_am1 et Can\_am2 : Emplacement des ouvrages

Ouvrage	Longueur du remblai (m)	Hauteur d'eau dans la retenue pour la crue fréquente (m)	Orifice de fuite	Longueur du seuil de sécurité (m)	Surface de la retenue pour la crue fréquente (ha)
Amont	380	2.4	Buse de 1800 mm de diamètre	58	58
Aval	460	3	Dalot 1,15 *1,0 m	110	52

Tableau 2-2 : Can\_am1 et Can\_am2 : Caractéristiques des ouvrages

- Aménagement du Bras de Brosne

L'aménagement du Bras de Brosne comporte un seul ouvrage de rétention (Bb) implanté en amont d'Aix-en-Issart (voir la carte ci-après). Le volume de la retenue est estimé à 80 000 m<sup>3</sup>.

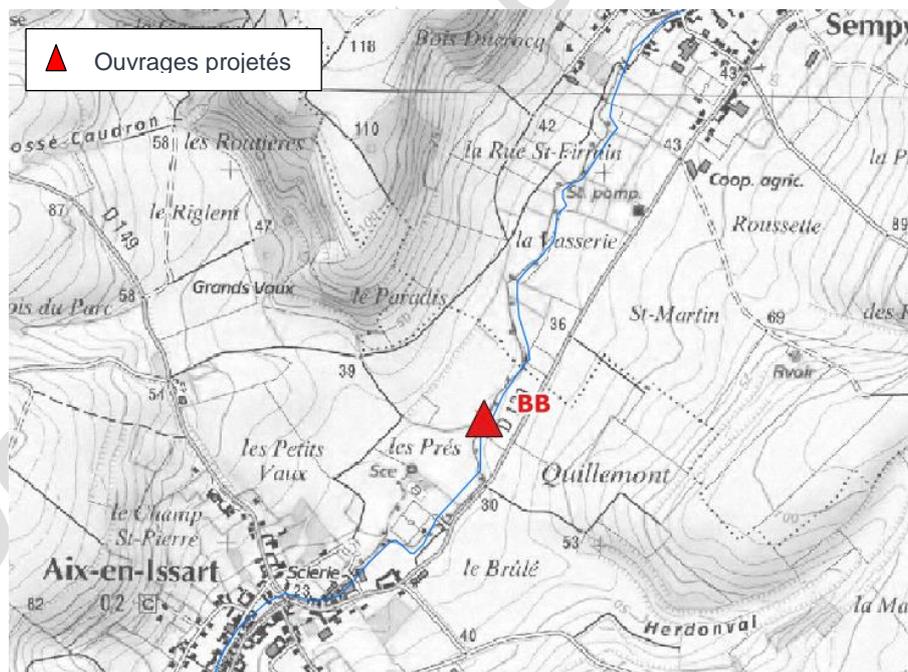


Figure 2-5 : Bb : Emplacement de l'ouvrage

Longueur du remblai (m)	Hauteur d'eau dans la retenue pour la crue fréquente (m)	Diamètre de l'orifice de fuite	Longueur du seuil de sécurité (m)	Surface de la retenue pour la crue fréquente (ha)
250	2,4	Buse de 1100 mm de diamètre	3,3	7

Tableau 2-3 : Bb : Caractéristiques de l'ouvrage

- Aménagement de la Dordogne

L'aménagement de la Dordogne se compose de deux ouvrages de rétention étagés (Do1 et Do2) entre le hameau de Bout de Haut et Cormont (voir la carte ci-après). Le volume des deux retenues est de l'ordre de 30 000 m<sup>3</sup>.

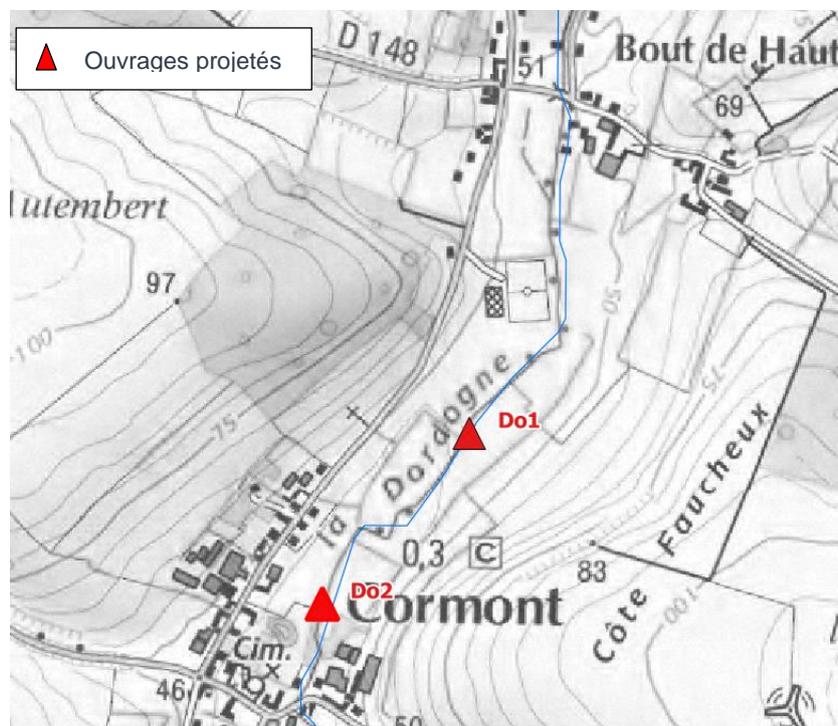


Figure 2-6 : Do1 et Do2 : Emplacement des ouvrages

Ouvrage	Longueur du remblai (m)	Hauteur d'eau dans la retenue pour la crue fréquente (m)	Orifice de fuite	Longueur du seuil de sécurité (m)	Surface de la retenue pour la crue fréquente (ha)
Amont	165	1,6	Buse de 1500 mm de diamètre	15	3
Aval	140	2,1	Buse de 1300 mm de diamètre	20	3,2

Tableau 2-4 : Do1 et Do2 : Caractéristiques des ouvrages

- Aménagement de l'Huitrepin

L'aménagement sur l'Huitrepin se situe dans la Côte du Turne, en amont de Frencq. Il présente une hauteur de chute de 9,5 m. Celle-ci est divisée en quatre retenues étagées (Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4). Cette solution limite la hauteur des retenues, de façon à conserver une revanche suffisante entre le niveau d'eau dans les ouvrages et la D113 lorsque les ouvrages sont pleins. Afin d'éviter la surverse sur la D113 lorsque la retenue est pleine, un merlon d'une vingtaine de centimètres de haut et long de 10 m est disposé le long de la chaussée à l'amont de l'ouvrage Hui4.

Le volume de rétention de cet aménagement est de 135 000 m<sup>3</sup>.

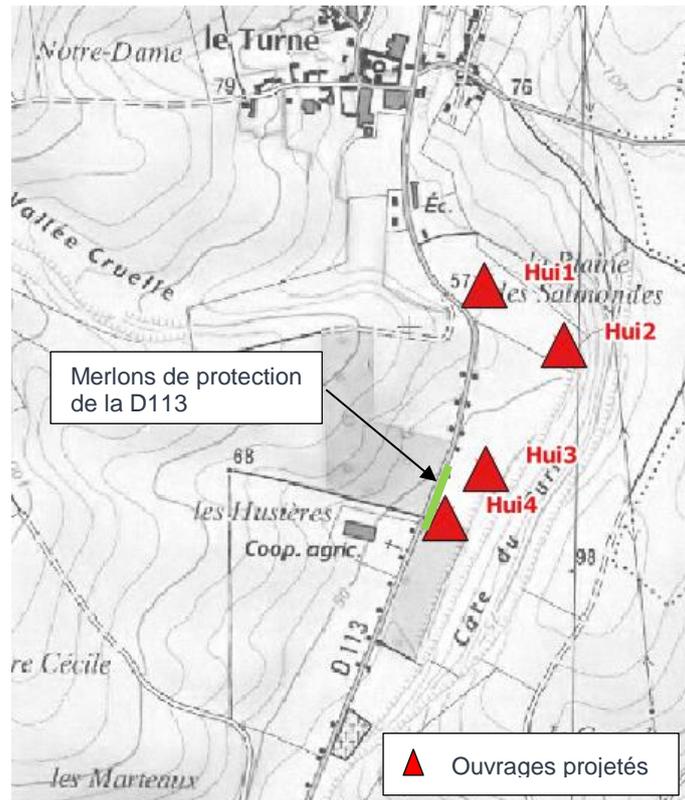


Figure 2-7 : Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4 : Emplacement des ouvrages

Ouvrage	Longueur du remblai (m)	Hauteur d'eau dans la retenue pour la crue fréquente (m)	Longueur du seuil de sécurité (m)	Surface de la retenue pour la crue fréquente (ha)
Hui1 : Amont	130	2,55	7	1,3
Hui2	170	2,6	6	2,1
Hui3	180	2,55	5	3,9
Hui4 : Aval	110	1,25	4	1,2

Tableau 2-5 : Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4 : Caractéristiques des ouvrages

Le diamètre de l'orifice de fuite de l'ouvrage Hui4 est de 800 mm.

Un merlon d'une vingtaine de centimètres de haut et d'une dizaine de mètres de long est disposé le long de la D113, en amont immédiat de l'ouvrage de rétention Hui4 de façon à ce que le remous généré par l'ouvrage n'inonde pas la chaussée pour la crue moyenne.

## 2.3 Impact hydraulique des ouvrages de rétention étudiés

### 2.3.1 Ouvrage sur la Canche amont

Une modélisation avec les deux ouvrages de rétention projetés en amont d'Hesdin (Can\_am1 et Can\_am2) est effectuée.

L'impact hydraulique des ouvrages sur la Canche en amont d'Hesdin est évalué pour les crues fréquente (période de retour 30 ans) et moyenne fréquente (période de retour 100 ans) générées sur la Canche (crues inférieures sur la Ternoise) et sur la crue historique de décembre 1999. Ce dernier événement permet d'étudier l'impact de l'ouvrage sur le déphasage des pics de crue de la Ternoise et de la Canche.

Pour mémoire, la crue de décembre 1999 est fréquente (période de retour de 15 ans) sur la Canche amont et de période de retour de l'ordre de 50 ans sur la Ternoise.



a) *Hydrogrammes en amont et aval des ouvrages*

- Ouvrage de Monchel-sur-Canche (Can\_am1)

Les figures qui suivent présentent les hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage de rétention amont projeté à Monchel-sur-Canche pour les crues fréquente et moyenne.

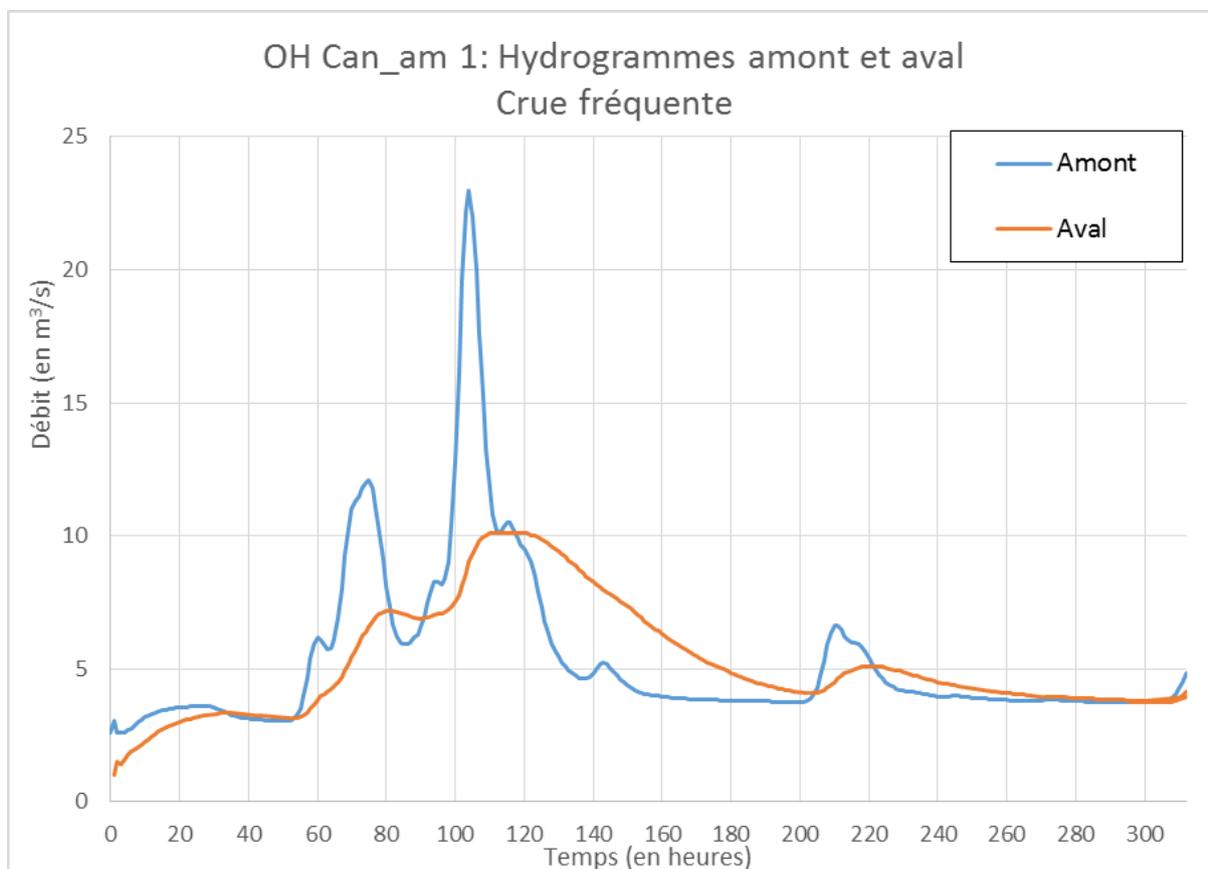


Figure 2-8 : Can\_am1: Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté  
Crue fréquente

Document

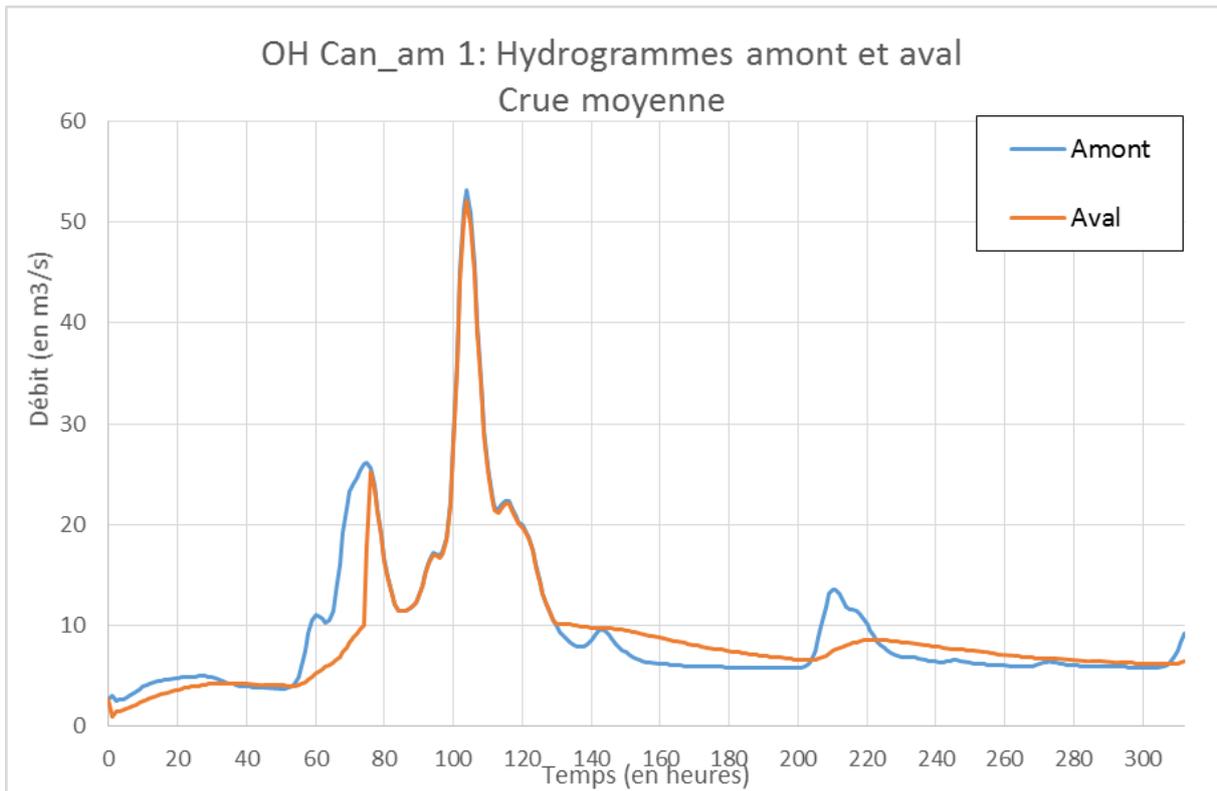


Figure 2-9 : Can\_am1: Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté  
Cruée moyenne

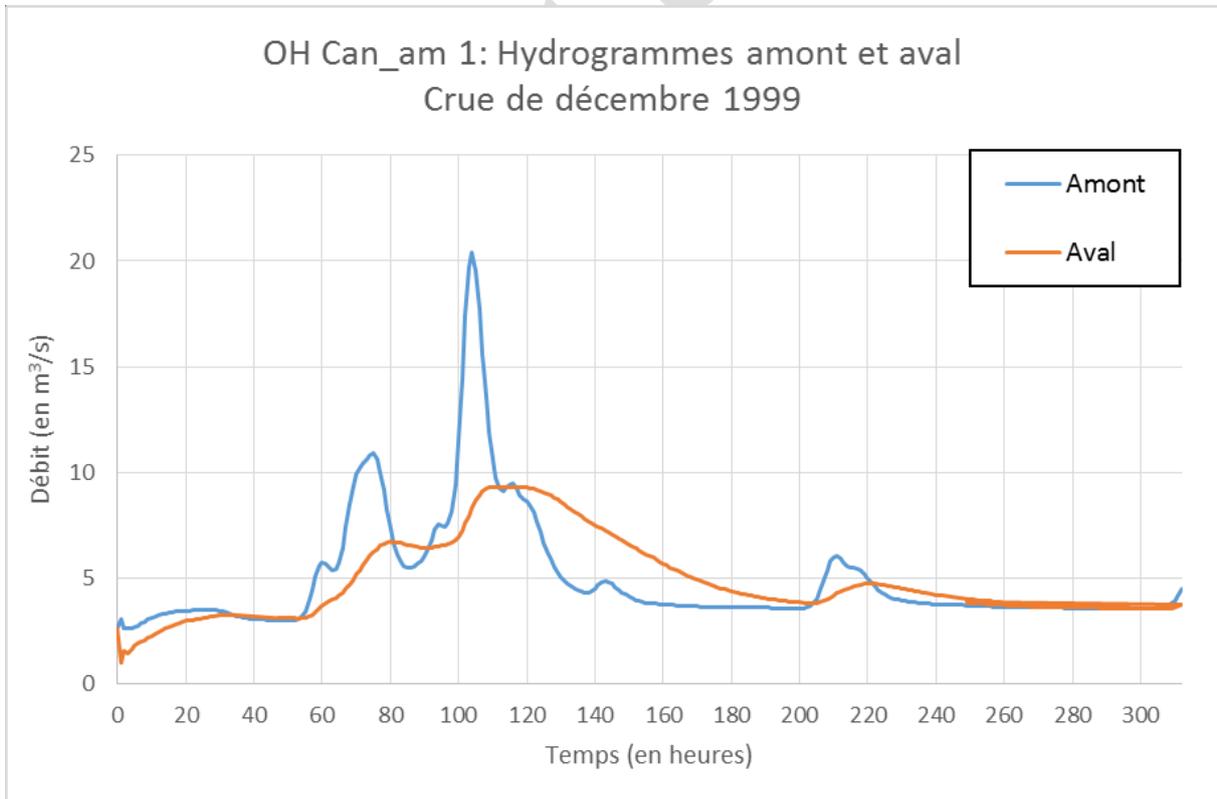


Figure 2-10 : Can\_am1: Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté  
Cruée de décembre 1999



Pour la crue fréquente, l'ouvrage permet d'abaisser le débit de pointe de 23 m<sup>3</sup>/s à 10 m<sup>3</sup>/s, soit un écrêtement de 56%. Pour la crue moyenne, l'écrêtement n'est que de 2% (diminution du débit de pointe de 53 m<sup>3</sup>/s à 52 m<sup>3</sup>/s) du fait de la surverse de l'ouvrage pendant une quinzaine d'heures.

Pour la crue de décembre 1999, le débit de pointe en amont de l'ouvrage, de 20 m<sup>3</sup>/s, est inférieur à celui de la crue fréquente. L'écrêtement est aussi légèrement moindre, de 54% contre 56%. Pour rappel, la période de retour de la crue de décembre 1999 (15 ans) est inférieure à celle de la crue de dimensionnement, à savoir la crue fréquente (30 ans) sur ce secteur.

La vidange de l'ouvrage s'effectue en une centaine d'heures pour les trois crues simulées.

- Ouvrage de Saint-Georges (Can\_am2)

Pour rappel, les ouvrages Can\_am1 et Can\_am2 sont disposés en série sur la Canche et sont distants de 13 km. Ainsi, l'hydrogramme amont de l'ouvrage Can\_am2 est influencé par l'écrêtement généré par l'ouvrage Can-am1 en amont.

Les figures qui suivent présentent les hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage de rétention amont projeté à Saint-Georges pour les crues fréquente et moyenne.

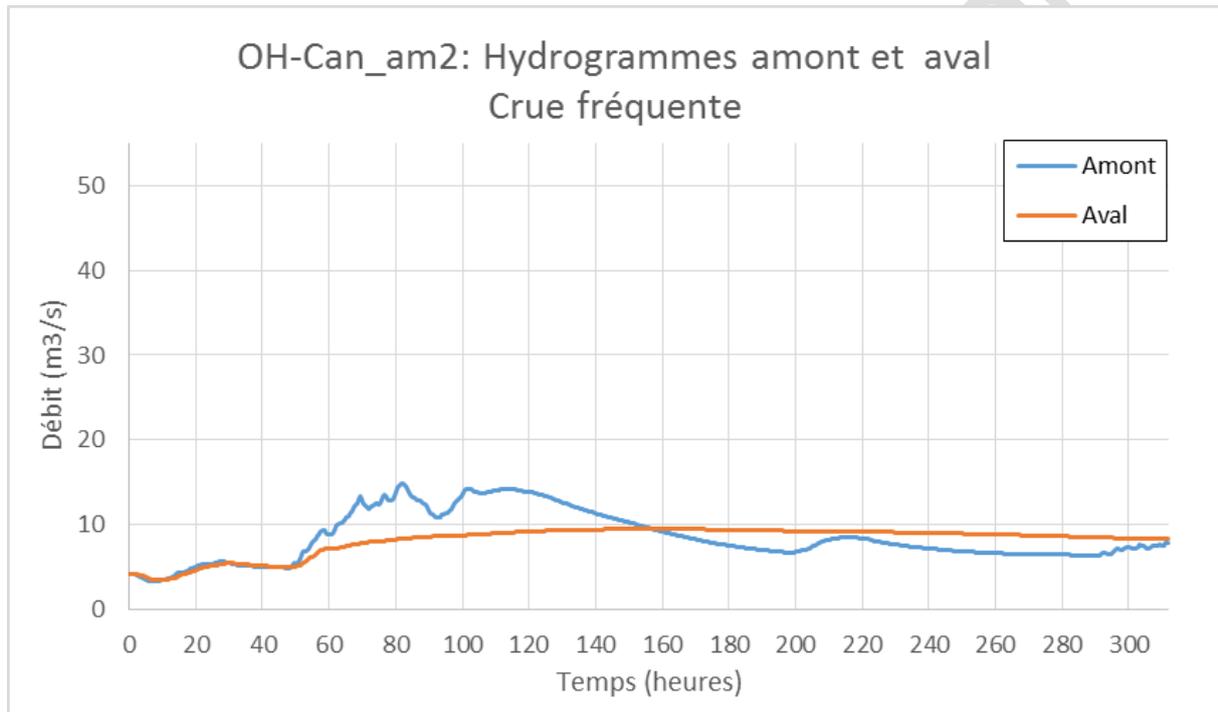


Figure 2-11 : Can\_am2: Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté  
Crue fréquente

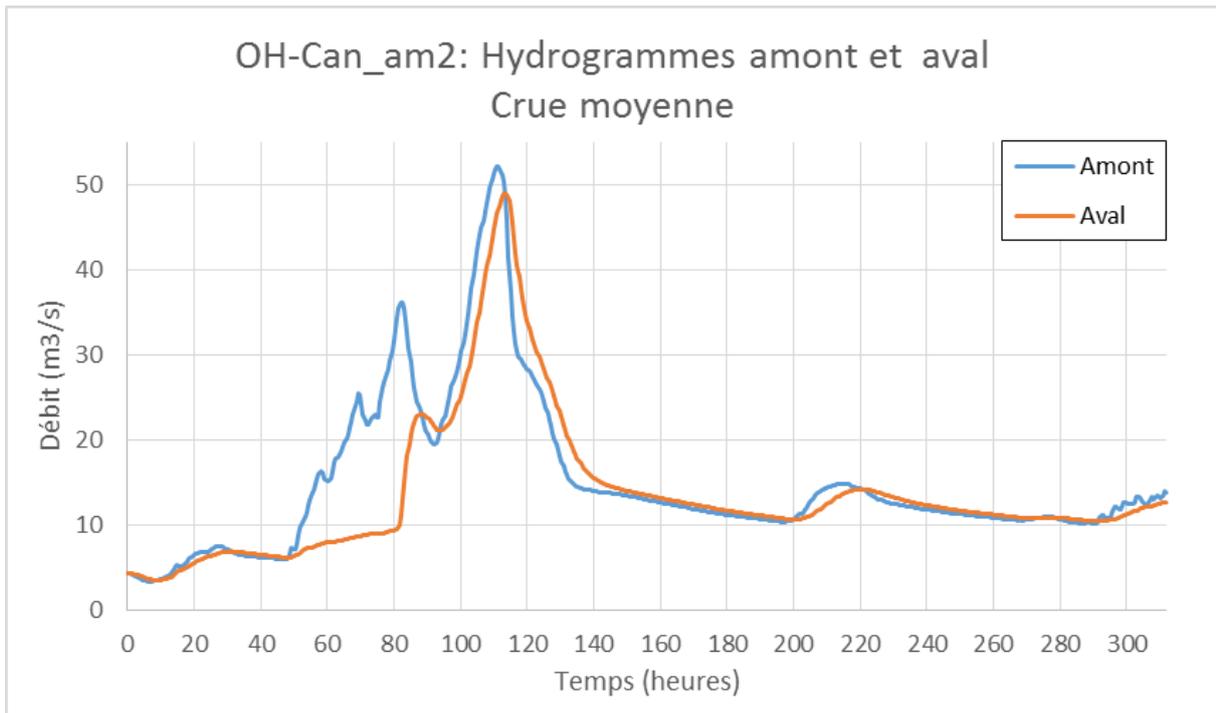


Figure 2-12 : Can\_am2: Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté  
Cruie moyenne

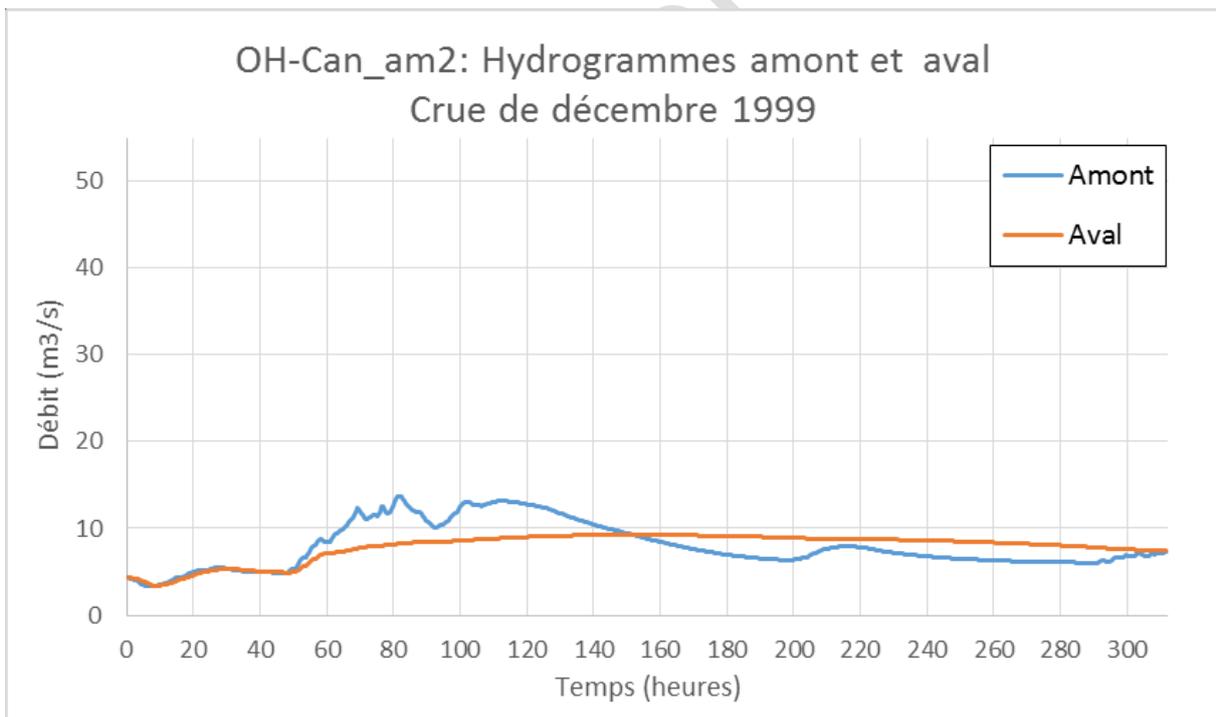


Figure 2-13 : Can\_am2: Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté  
Cruie de décembre 1999

Pour la crue fréquente, l'ouvrage permet d'abaisser le débit de pointe de 15 m<sup>3</sup>/s à 9,5 m<sup>3</sup>/s, soit un écrêtement de 36%. Pour la crue moyenne, l'écrêtement n'est que de 6% (diminution du débit de pointe de 52 m<sup>3</sup>/s à 49 m<sup>3</sup>/s) du fait de la surverse de l'ouvrage pendant une quinzaine d'heures.

De façon analogue à l'ouvrage Can\_am1, le débit de pointe de la crue de décembre 1999 en amont de l'ouvrage, de 14 m<sup>3</sup>/s, est inférieur à celui de la crue faible. Il en est de même pour son écrêtement qui est de 33% pour l'évènement de décembre 1999.



Pour les trois crues simulées, la vidange de l'ouvrage n'est pas achevée en fin de simulation, soit près de 180 heures après le pic de crue.

De par son dimensionnement, l'ouvrage projeté surverse pour la crue moyenne pendant plus de 200 heures.

- Bilan en aval du dernier ouvrage (Can\_am2)

Les figures qui suivent présentent les hydrogrammes en aval de l'ouvrage Can\_am2 pour les trois crues simulées. Ces hydrogrammes permettent de quantifier l'écrêtement induit par les deux ouvrages projetés à l'aval immédiat du dernier (Can\_am2).

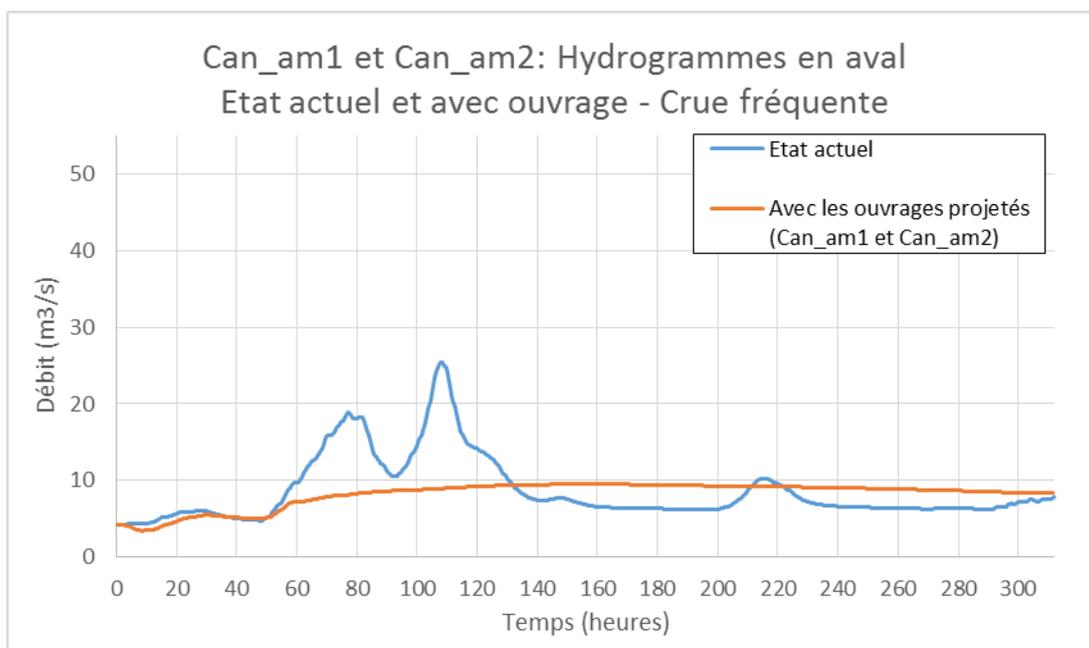


Figure 2-14 : Can\_am1 et Can\_am2: Hydrogrammes en aval de l'ouvrage Can\_am2 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés  
Crue fréquente

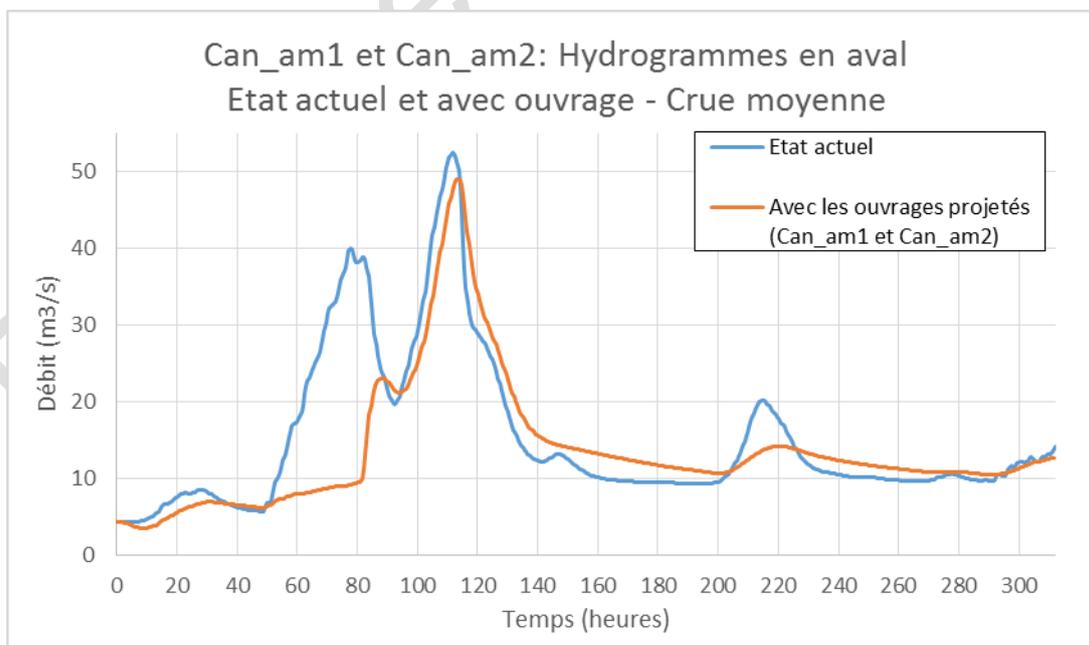


Figure 2-15 : Can\_am1 et Can\_am2: Hydrogrammes en aval de l'ouvrage Can\_am2 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés  
Crue moyenne

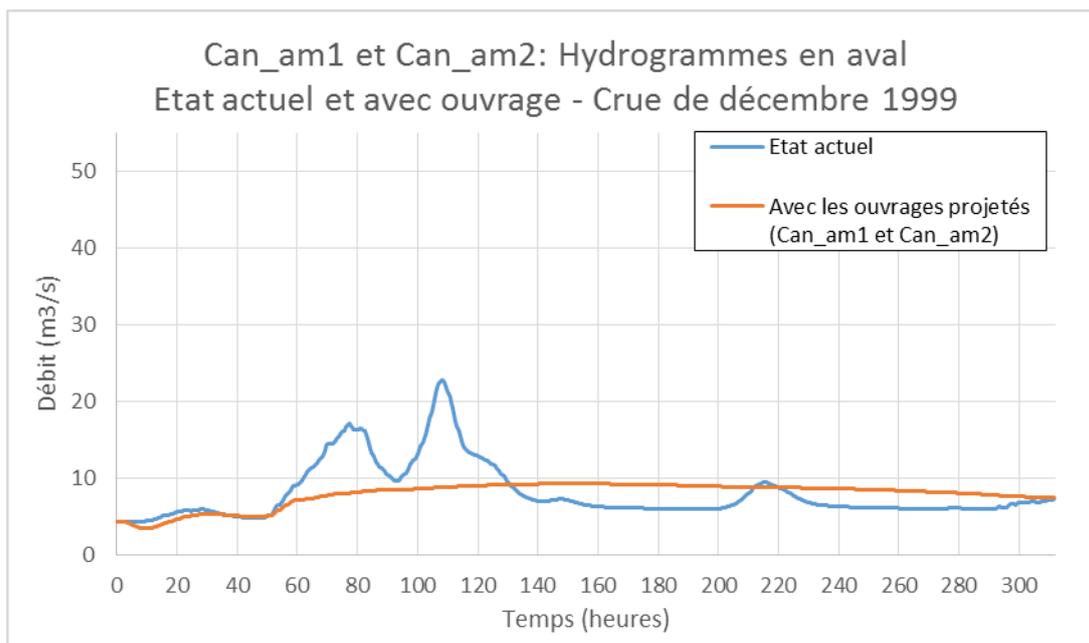


Figure 2-16 : Can\_am1 et Can\_am2: Hydrogrammes en aval de l'ouvrage Can\_am2 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés  
Cruée de décembre 1999

Cruée	Débits maximaux (m <sup>3</sup> /s)		
	Etat actuel	Avec les ouvrages projetés	$\Delta Q$
Décembre 1999	22.8	9.2	59%
Fréquente	25.4	9.5	63%
Moyenne	52.5	49.1	6%

Tableau 2-6 : Can\_am1 et Can\_am2 : Débits maximaux en aval de l'ouvrage Can\_am2 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés

L'écroulement du débit de pointe est le plus important pour la crue fréquente, crue de dimensionnement des deux ouvrages. L'efficacité des ouvrages est proche pour la crue de décembre 1999 avec un écrêtement de près de 60% du débit de pointe.

Pour la crue moyenne, le débit de pointe n'est abaissé que de 3,5 m<sup>3</sup>/s, ce qui génère un écrêtement de seulement 6%. Pour cet événement, ce dernier est faible puisque la capacité de stockage des ouvrages n'est pas suffisante et qu'ils surversent.

### b) Niveaux d'eau et emprises inondées

Les figures qui suivent présentent les profils en long de la Canche et les cartes d'emprise inondée pour les crues fréquente et moyenne générée sur la Canche amont (et non sur la Ternoise), ainsi que pour la crue de décembre 1999. Elles permettent de quantifier l'impact de l'ouvrage sur la Canche en amont d'Hesdin sur les hauteurs d'eau maximales sur ces trois crues.

Les profils en long montrent que l'influence des deux ouvrages de rétention projetés sur le niveau d'eau dans le lit mineur de la Canche s'étend jusqu'à 40 km en aval de ceux-ci pour les crues fréquente et moyenne et 45 km en aval pour la crue de décembre 1999.

L'abaissement du niveau d'eau est d'autant plus faible que la crue est importante. Celui-ci est décroît progressivement de 100 cm à 0 cm pour la crue fréquente en se dirigeant vers l'aval. Pour la crue moyenne, il est toujours inférieur à 20 cm et diminue en se dirigeant vers la mer. Pour la crue de décembre 1999, l'abaissement du niveau d'eau varie entre 180 cm et 0 cm.

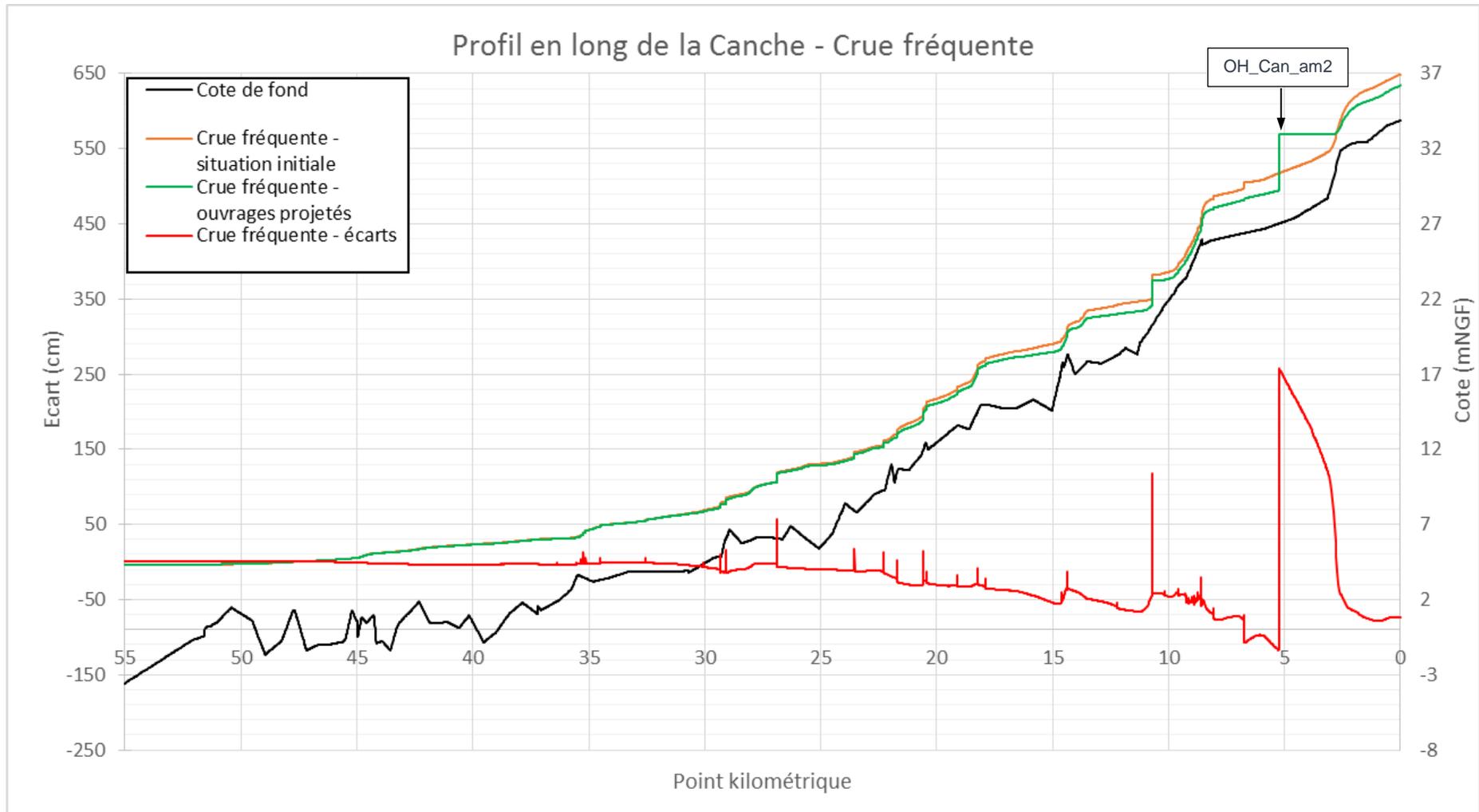


Figure 2-17 : Can\_am1 et Can\_am2 : Profil en long de la Canche avant et après création des ouvrages  
Crue fréquente

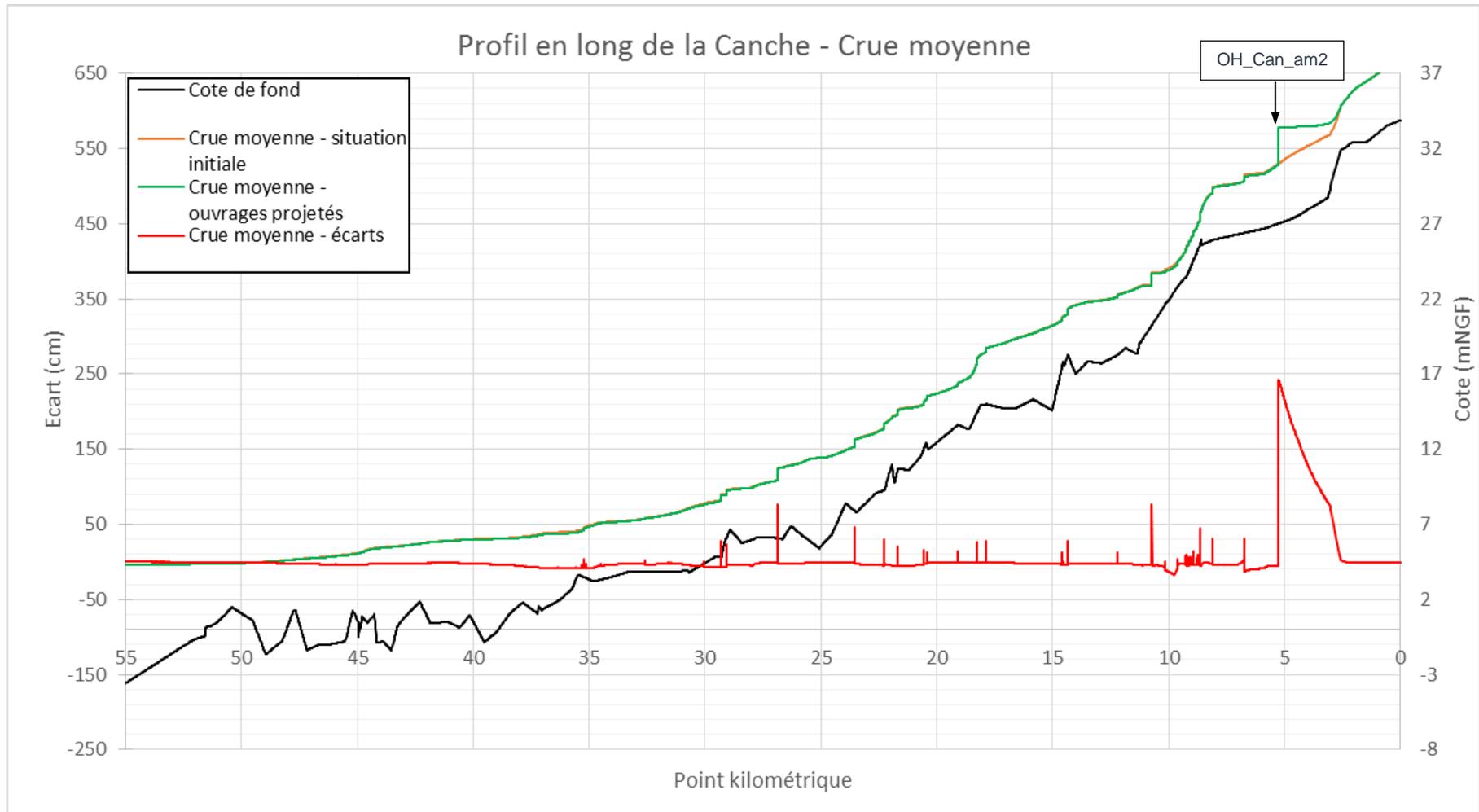


Figure 2-18 : Can\_am1 et Can\_am2 : Profil en long de la Canche avant et après création des ouvrages  
Crue moyenne

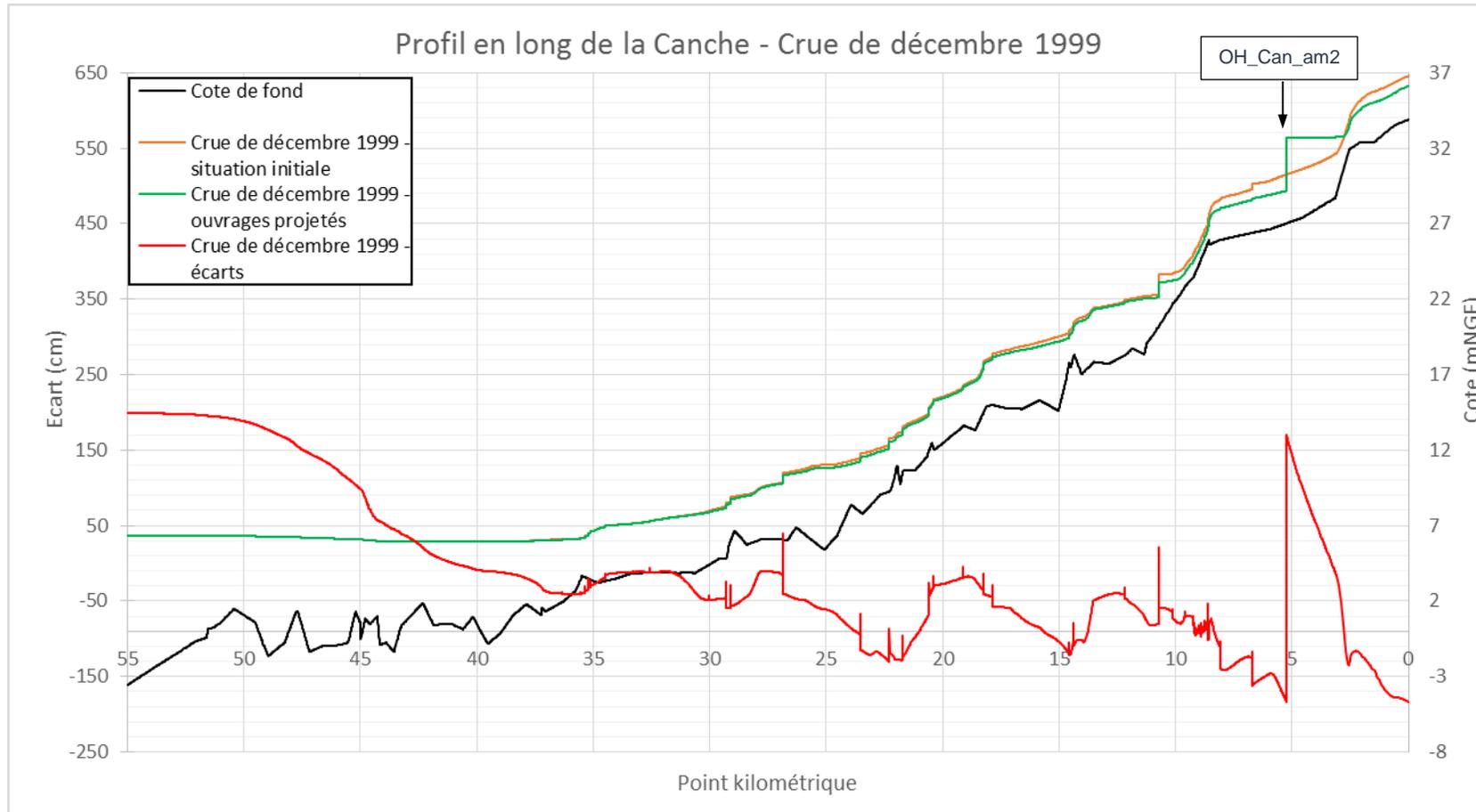


Figure 2-19 : Can\_am1 et Can\_am2 : Profil en long de la Canche avant et après création des ouvrages  
Crue de décembre 1999

Écart de cote avec et sans les ouvrages structurants du PAPI pour la crue fréquente - Canche amont (1/2)

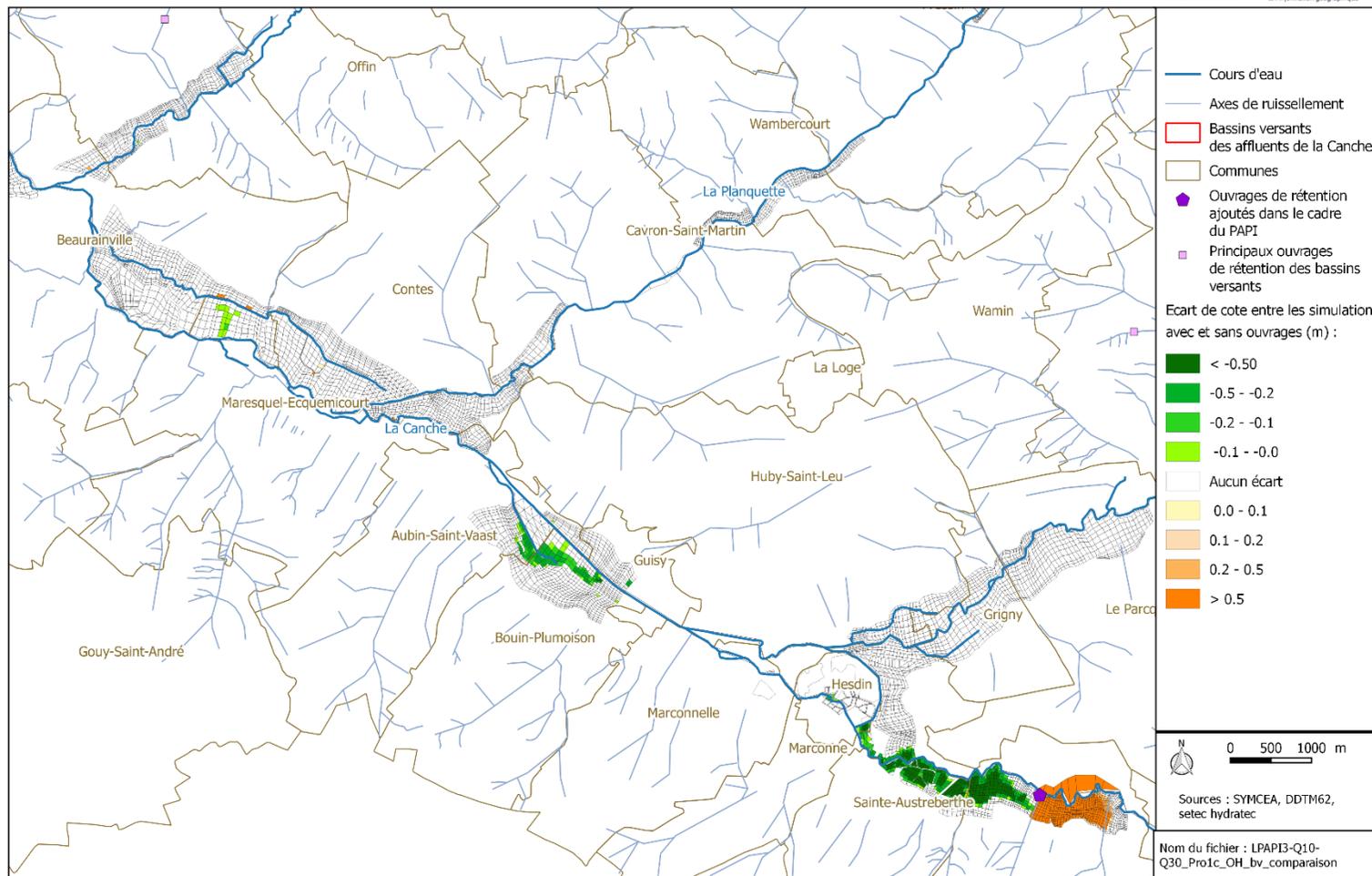


Figure 2-20 : Can\_am1 et Can\_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue fréquente (1/2)

Ecart de cote avec et sans les ouvrages structurants du PAPI pour la crue fréquente - Canche amont (2/2)

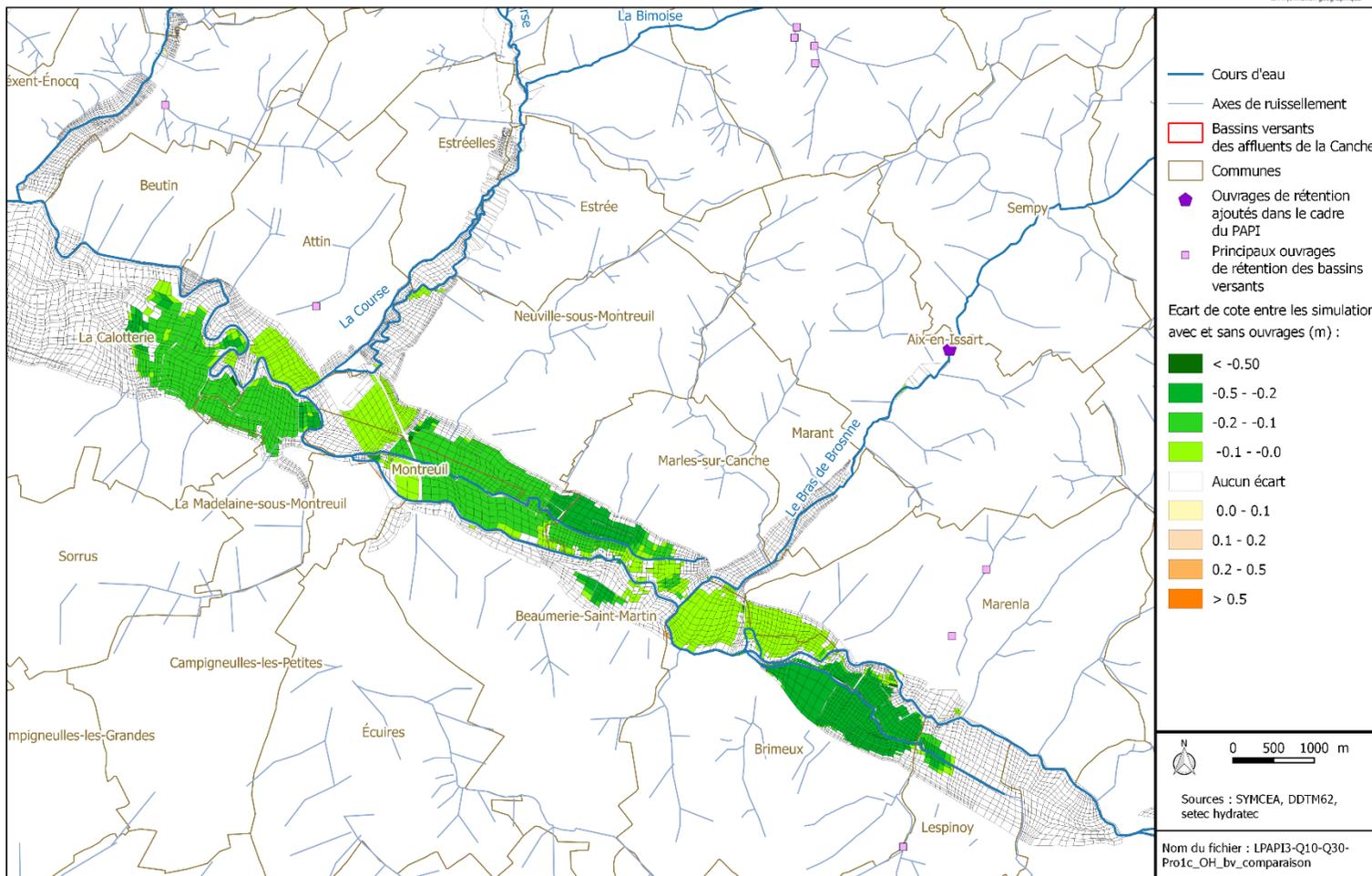
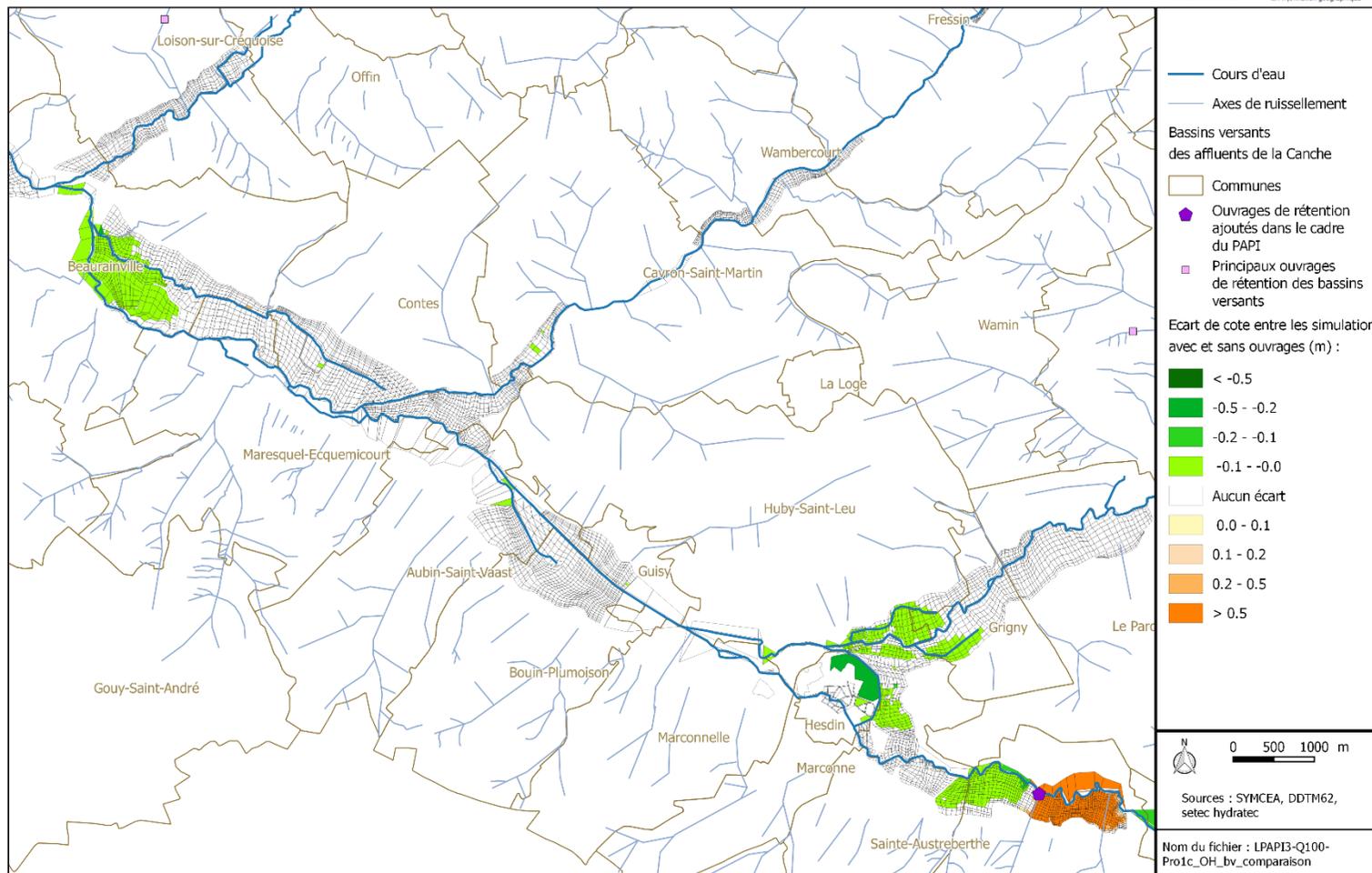


Figure 2-21 : Can\_am1 et Can\_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue fréquente (2/2)

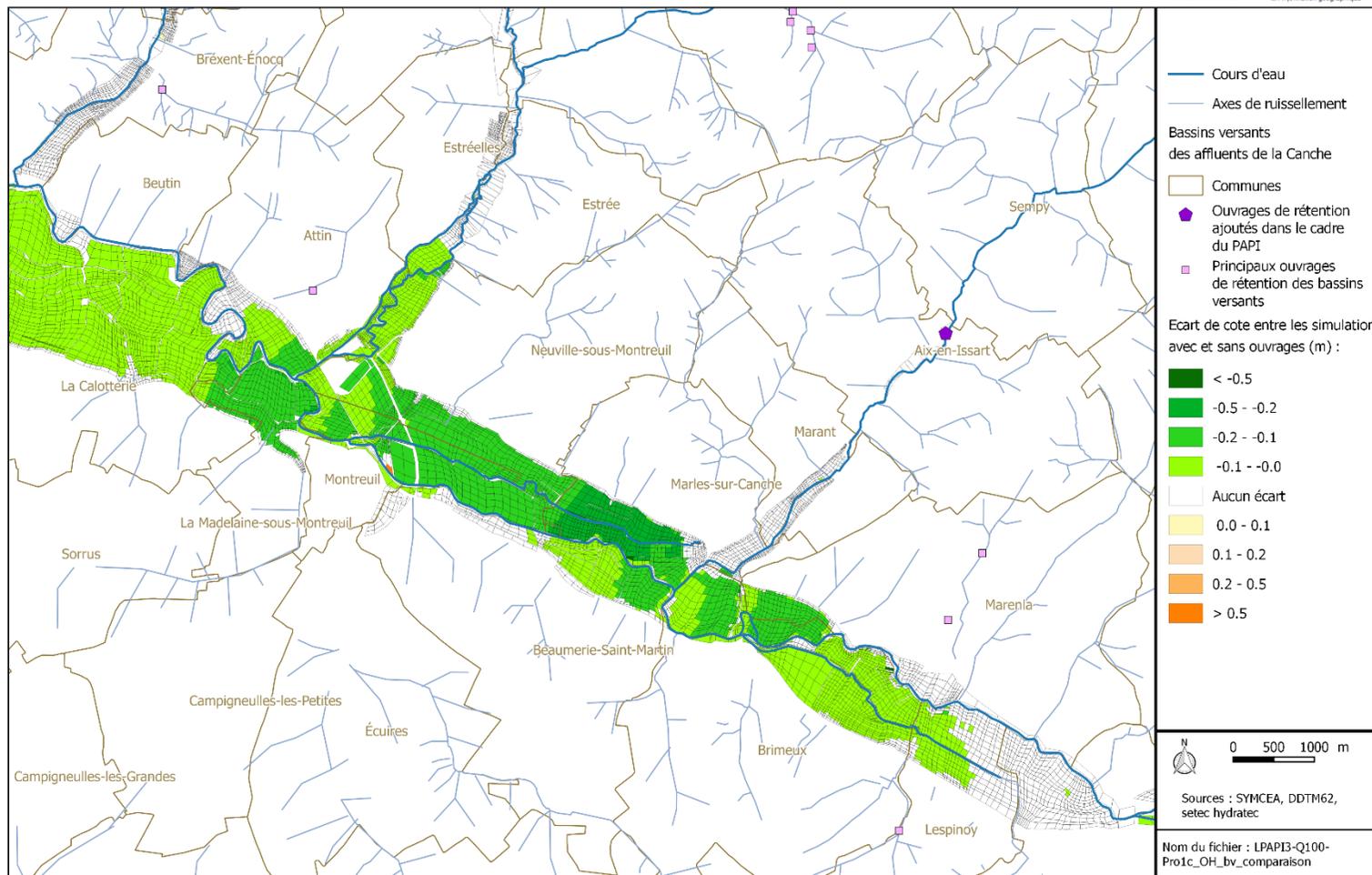
Ecart de cote avec et sans les ouvrages structurants du PAPI pour la crue moyenne - Canche amont (1/3)



Conception et réalisation : Symcéa, DDTM62, setec hydratec © - © IGN Scan25 - 2014 - 163570173 - Copies et reproductions interdites

Figure 2-22 : Can\_am1 et Can\_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue fréquente (1/3)

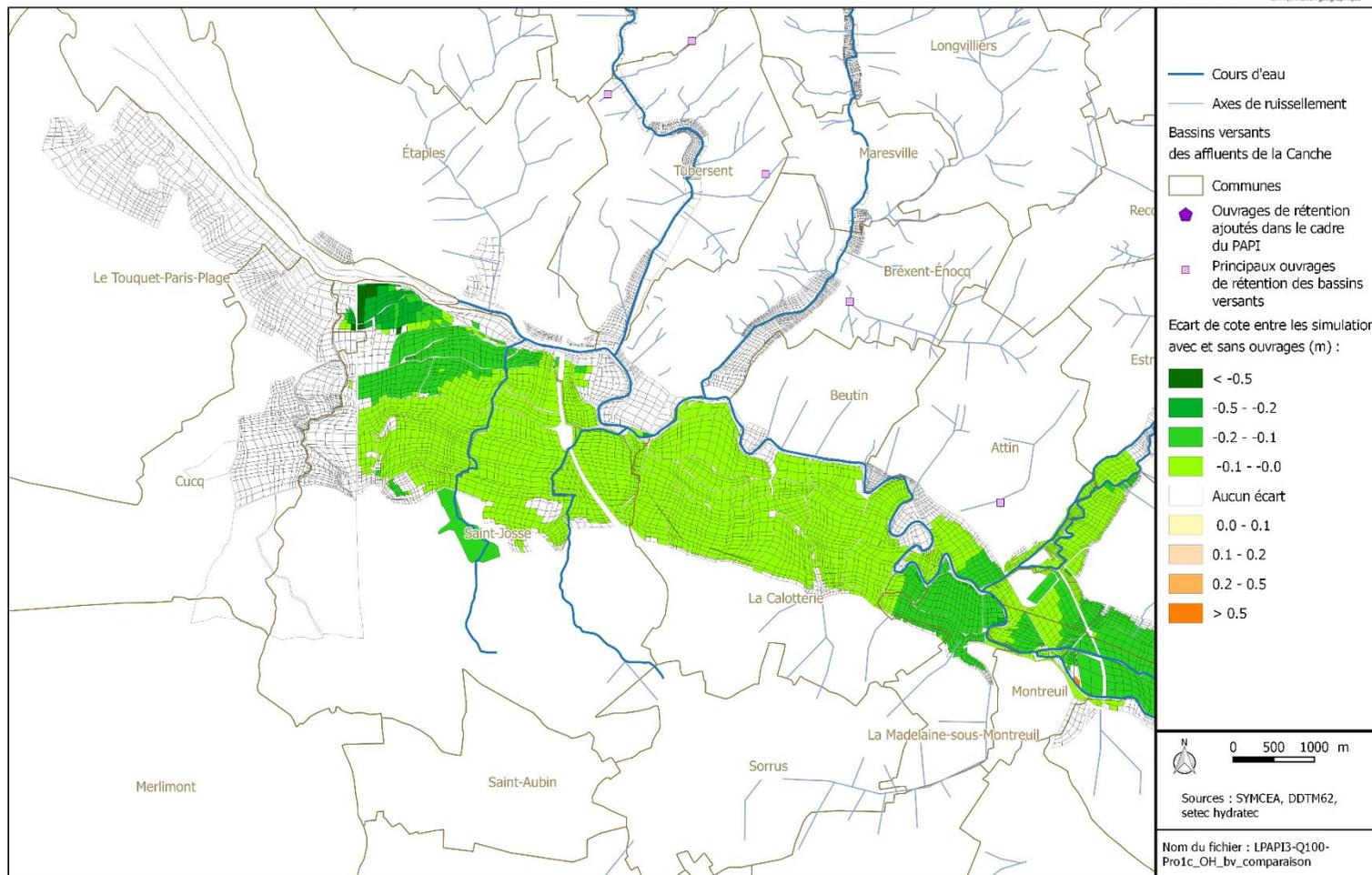
Ecart de cote avec et sans les ouvrages structurants du PAPI pour la crue moyenne - Canche amont (2/3)



Conception et réalisation : Symcéa, DDTM 62, setec hydratec © - © IGN Scan25 - 2014 - 1635701173 - Copies et reproductions interdites

Figure 2-23 : Can\_am1 et Can\_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue fréquente (2/3)

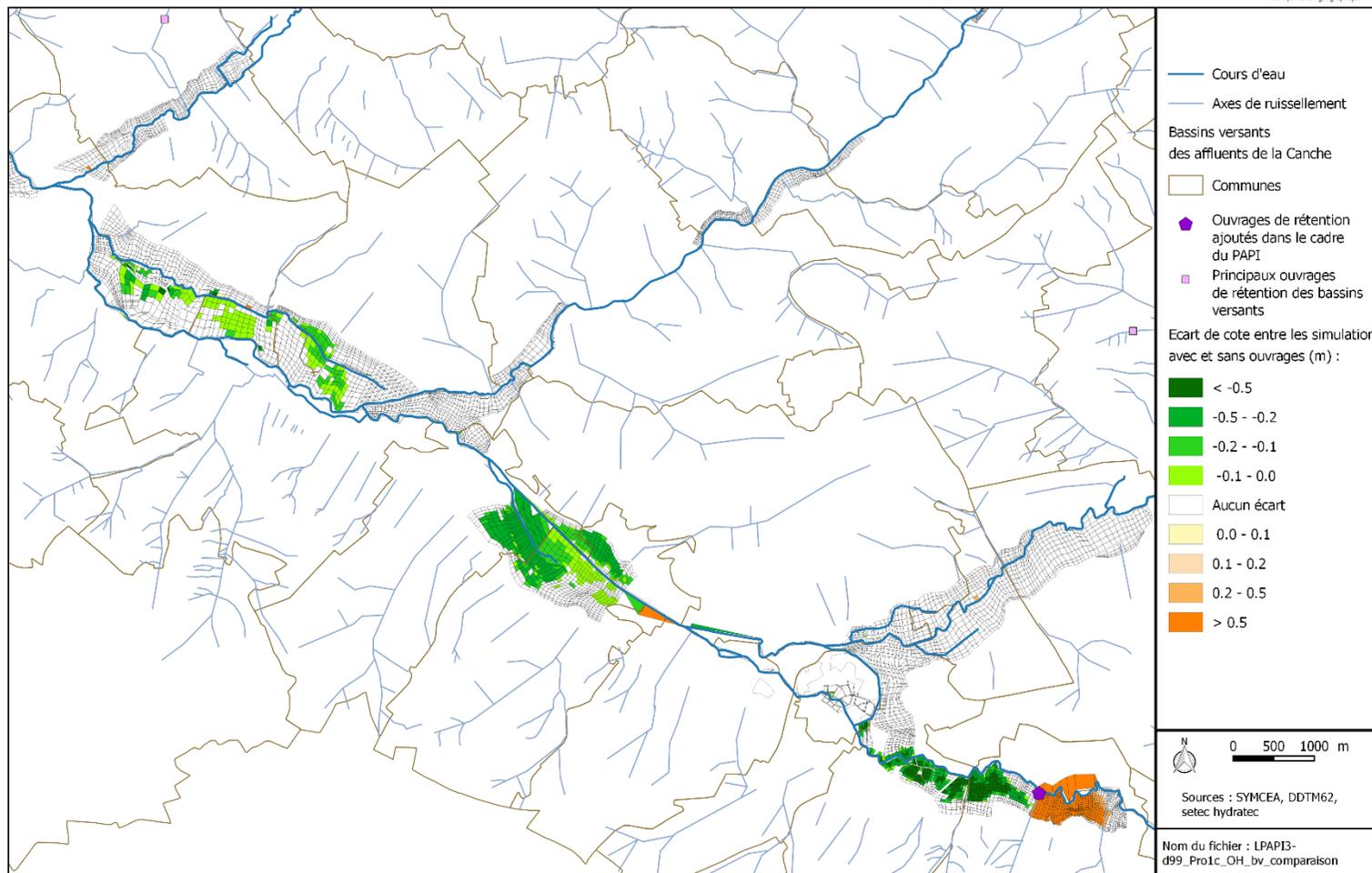
Ecart de cote avec et sans les ouvrages structurants du PAPI pour la crue moyenne - Canche amont (3/3)



Conception et réalisation : Symcécia, DDTM 62, setec hydratec © - © IGN Scan25 - 2014 - 1635701173 - Copies et reproductions interdites

Figure 2-24 : Can\_am1 et Can\_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue fréquente (3/3)

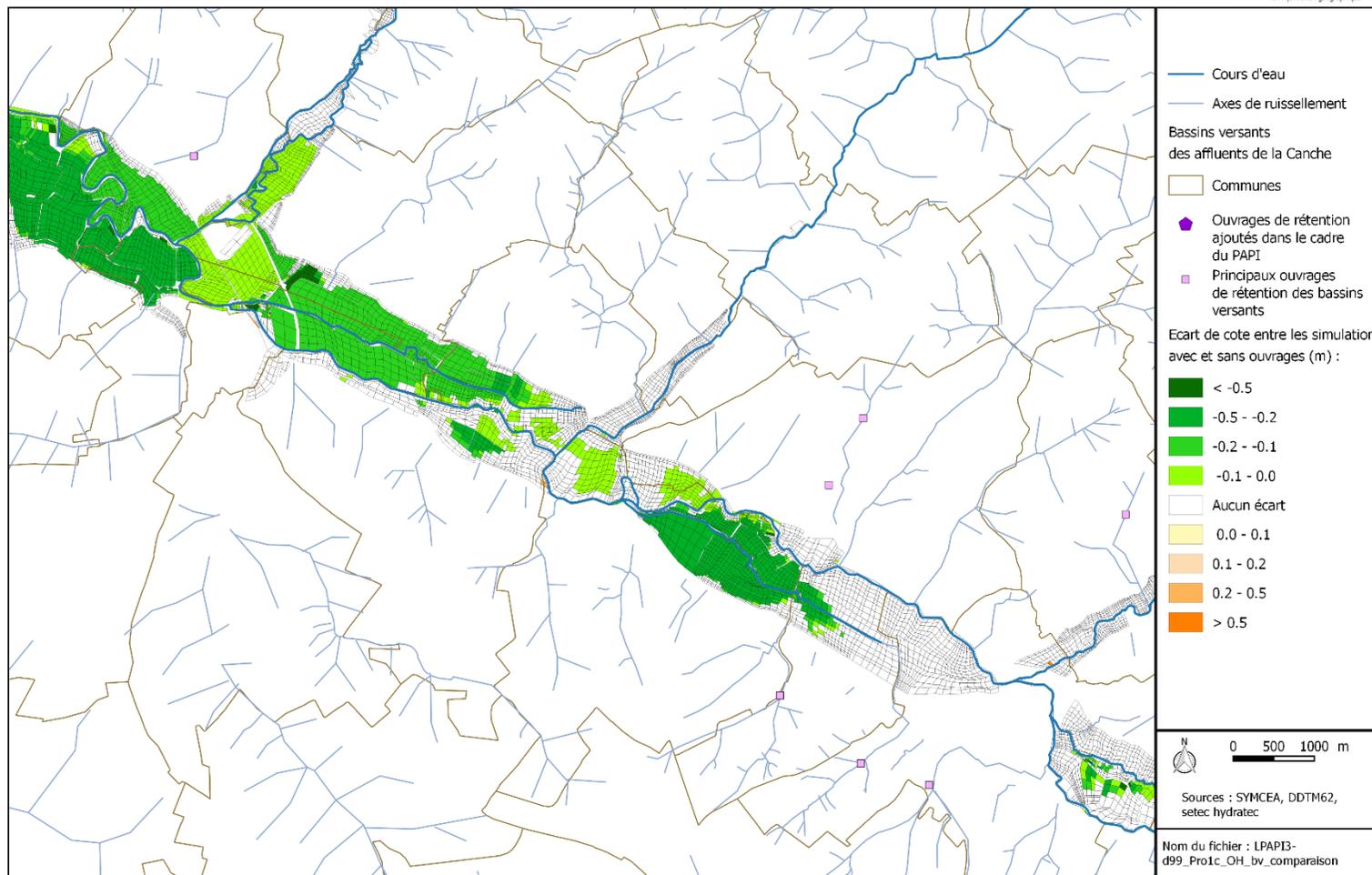
Ecart de cote avec et sans les ouvrages structurants du PAPI pour la crue de décembre 1999 - Canche amont (1/3)



Conception et réalisation : Symcéa, DDTM 62, setec hydratec © - © IGH Scan25 - 2014 - 1635701173 - Copies et reproductions interdites

Figure 2-25 : Can\_am1 et Can\_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue de décembre 1999 (1/3)

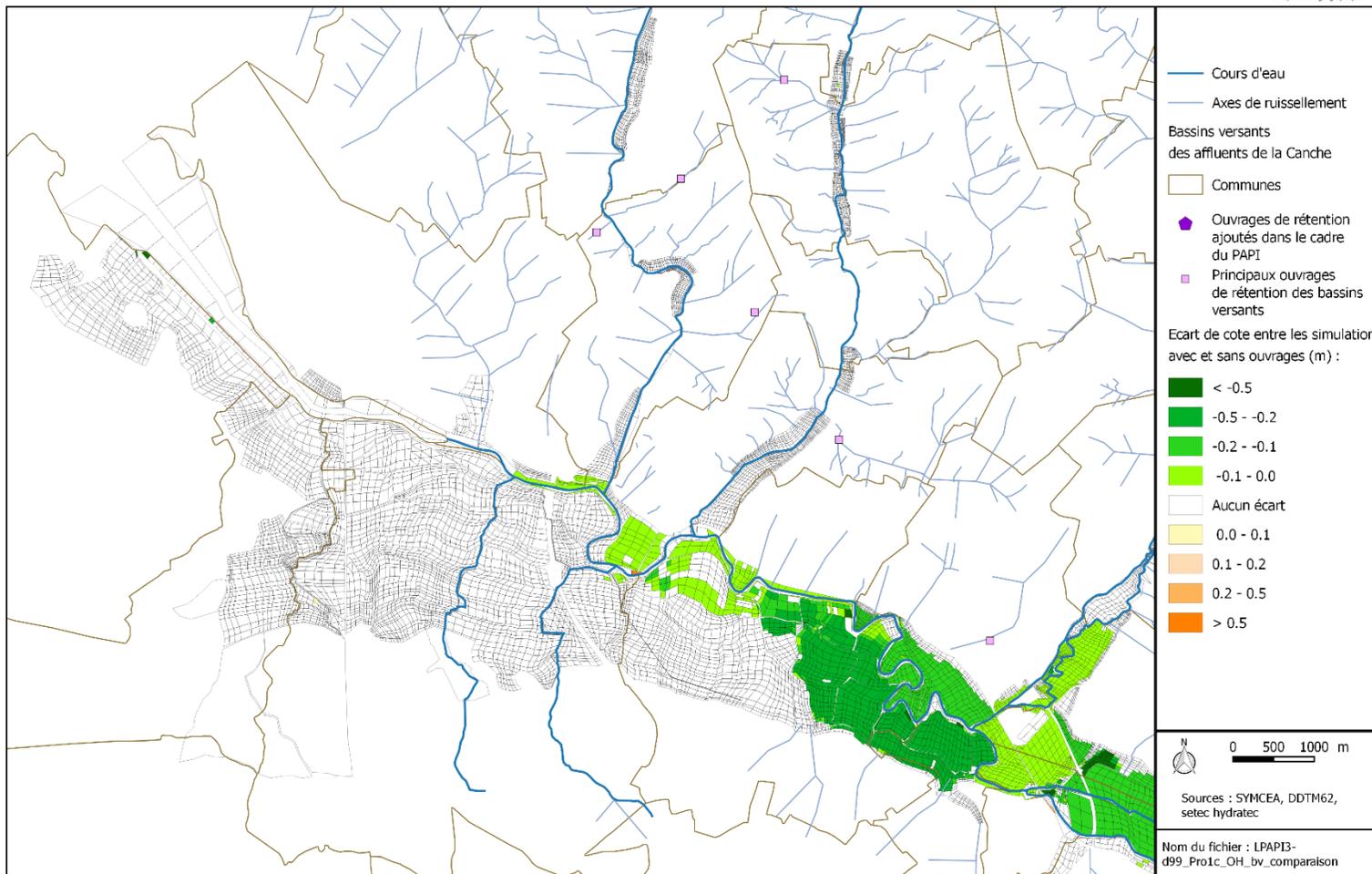
Ecart de cote avec et sans les ouvrages structurants du PAPI pour la crue de décembre 1999 - Canche amont (2/3)



Conception et réalisation : Symcea, DDTM 62, setec hydratec © - © IGI Scan25 - 2014 - 1635701173 - Copies et reproductions interdites

Figure 2-26 : Can\_am1 et Can\_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue de décembre 1999 (2/3)

Ecart de cote avec et sans les ouvrages structurants du PAPI pour la crue de décembre 1999 - Canche amont (3/3)



Conception et réalisation : Symcea, DDTM 62, setec hydratec © - © IGIN Scan25 - 2014 - 1635701173 - Copies et reproductions interdites

Figure 2-27 : Can\_am1 et Can\_am2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue de décembre 1999 (3/3)

Zones inondées pour la crue fréquente  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (1/3)

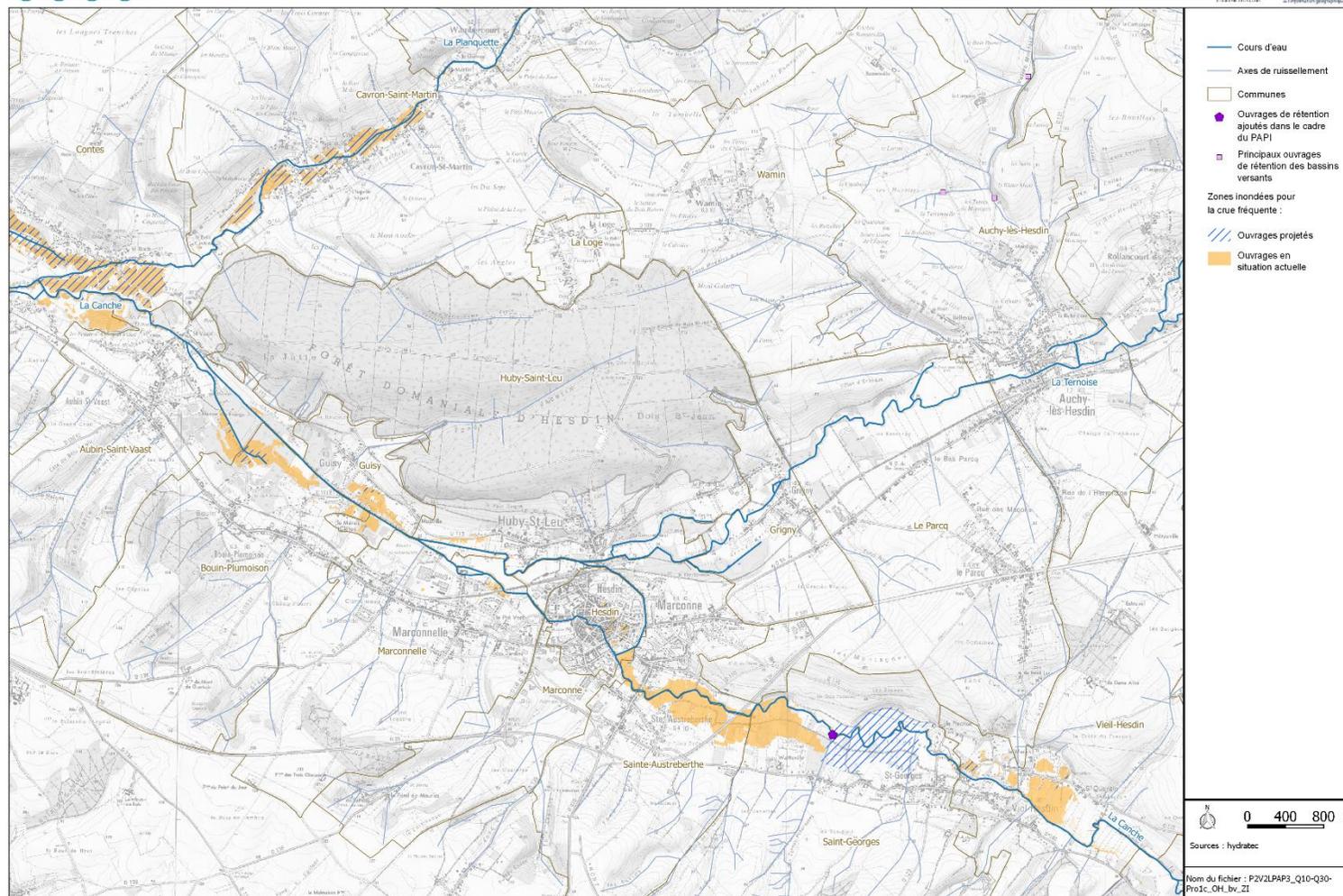


Figure 2-28 : Can\_am1 et Can\_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages  
Crue fréquente (1/3)

Zones inondées pour la crue fréquente  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (2/3)

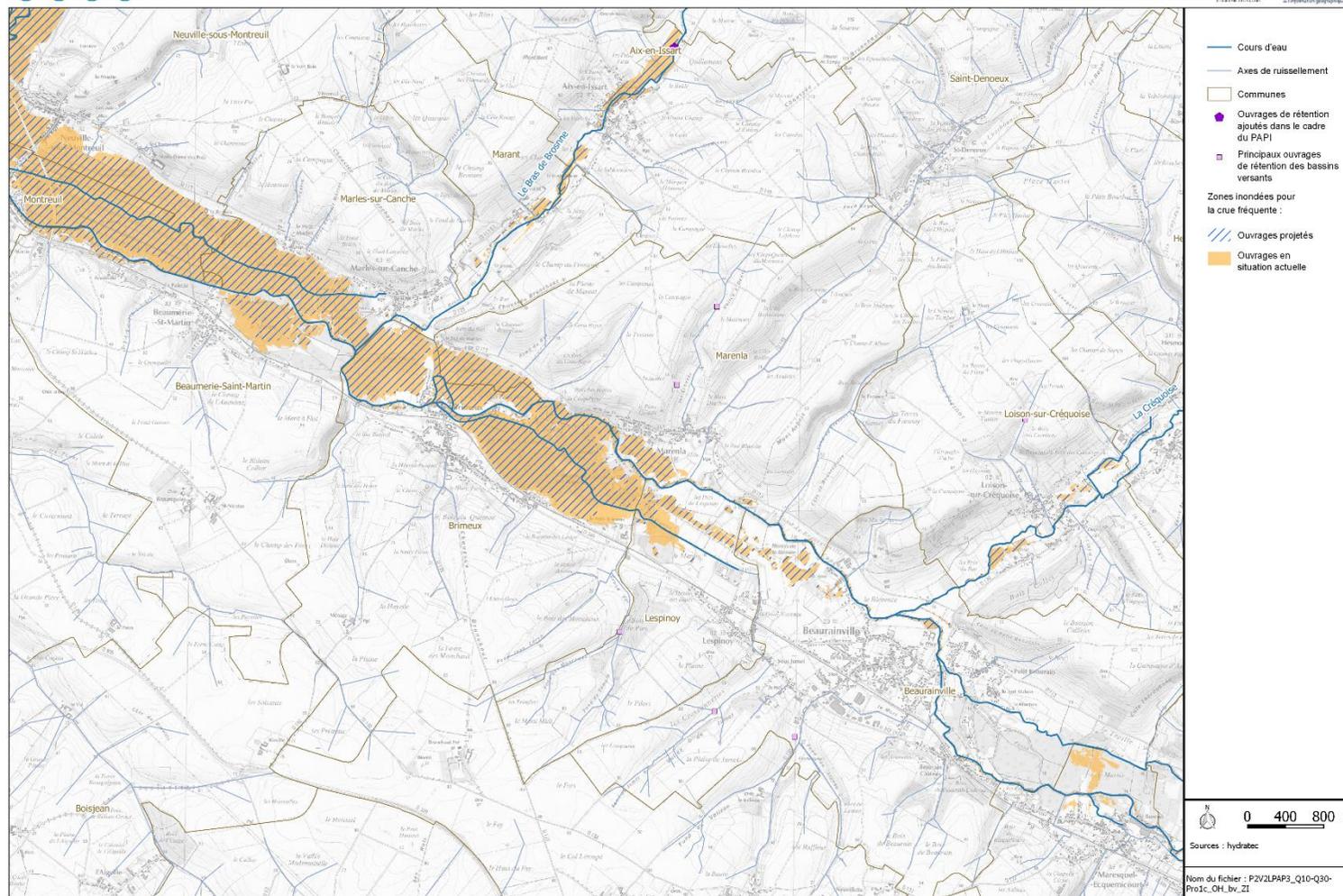


Figure 2-29 : Can\_am1 et Can\_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages  
Crue fréquente (2/3)

Zones inondées pour la crue fréquente  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (3/3)

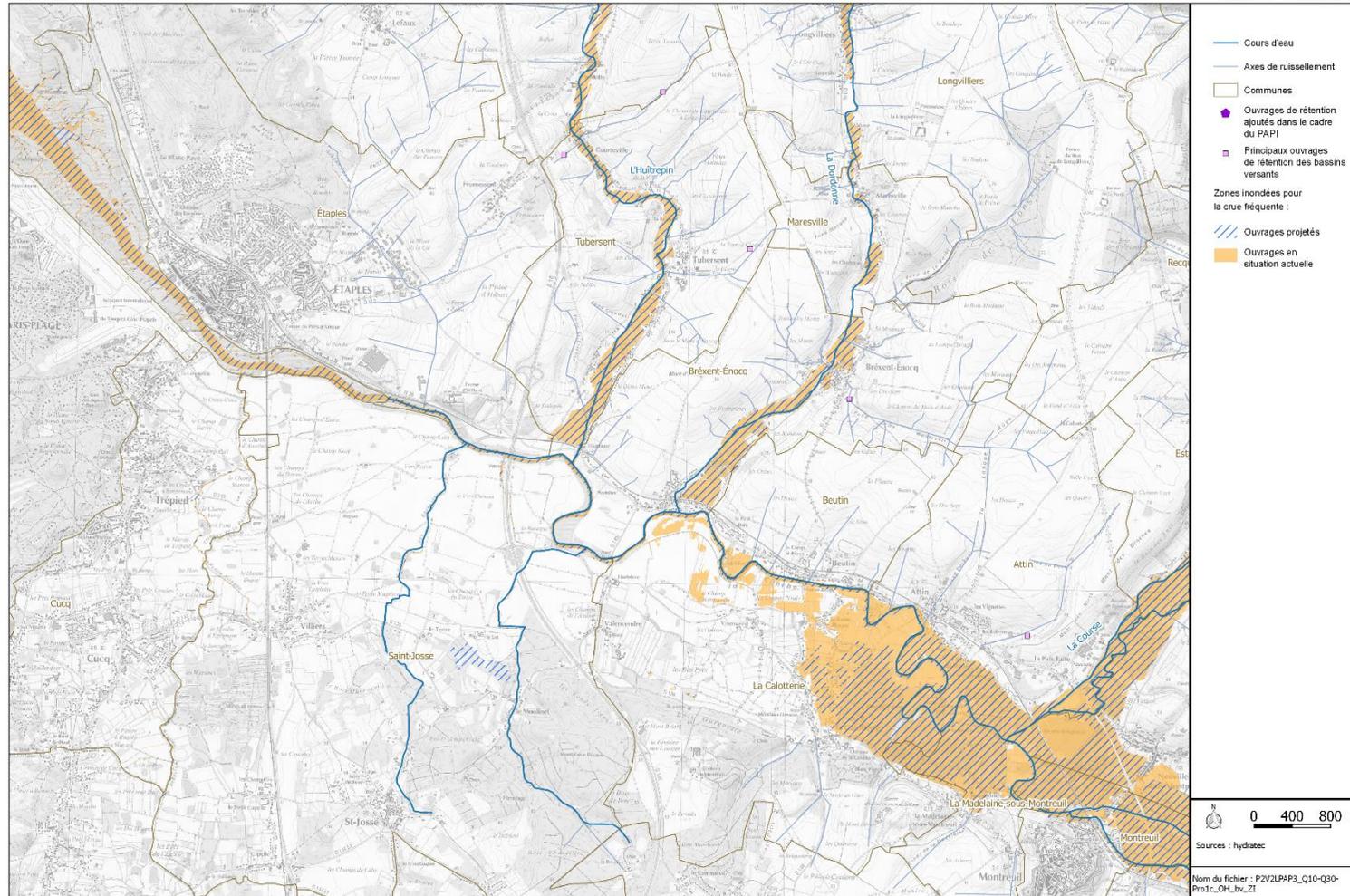


Figure 2-30 : Can\_am1 et Can\_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages  
Cruie fréquente (3/3)

Zones inondées pour la crue moyenne  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (1/3)

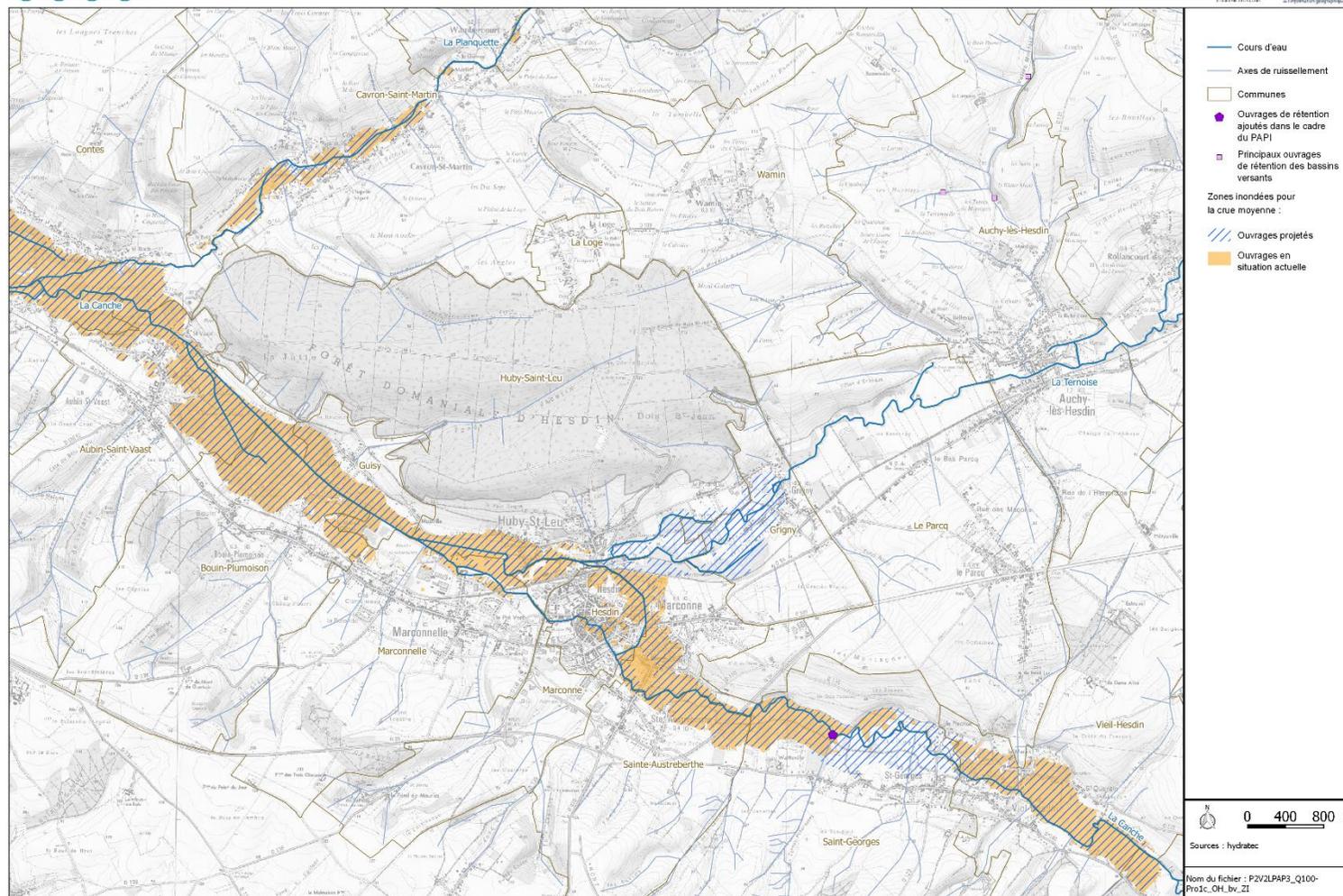


Figure 2-31 : Can\_am1 et Can\_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages  
Crue moyenne (1/3)

Zones inondées pour la crue moyenne  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (2/3)

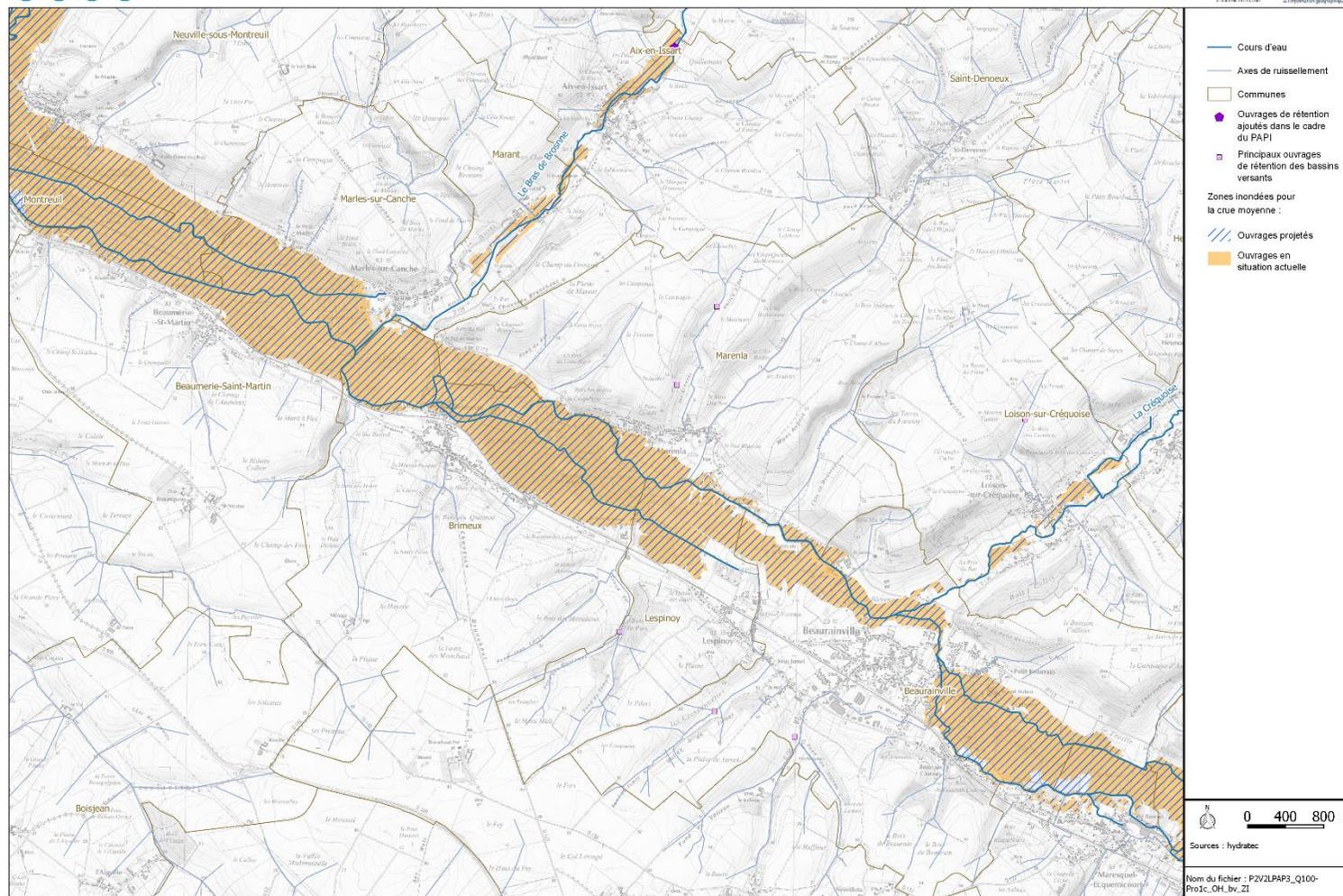


Figure 2-32 : Can\_am1 et Can\_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages  
Crue moyenne (2/3)

Zones inondées pour la crue moyenne  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (3/3)

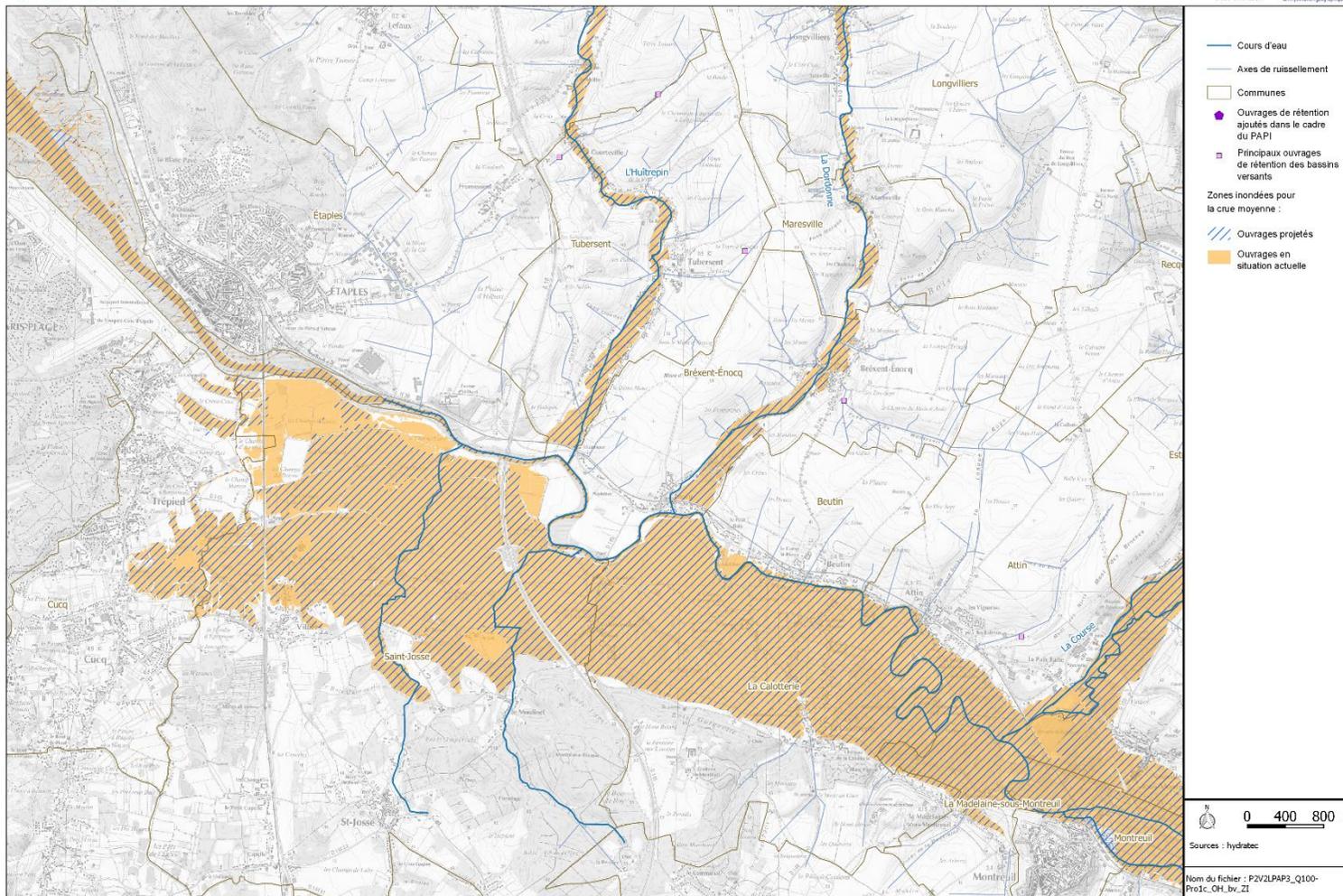


Figure 2-33 : Can\_am1 et Can\_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages  
Crue moyenne (3/3)

Zones inondées pour la crue de décembre 1999  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (1/3)

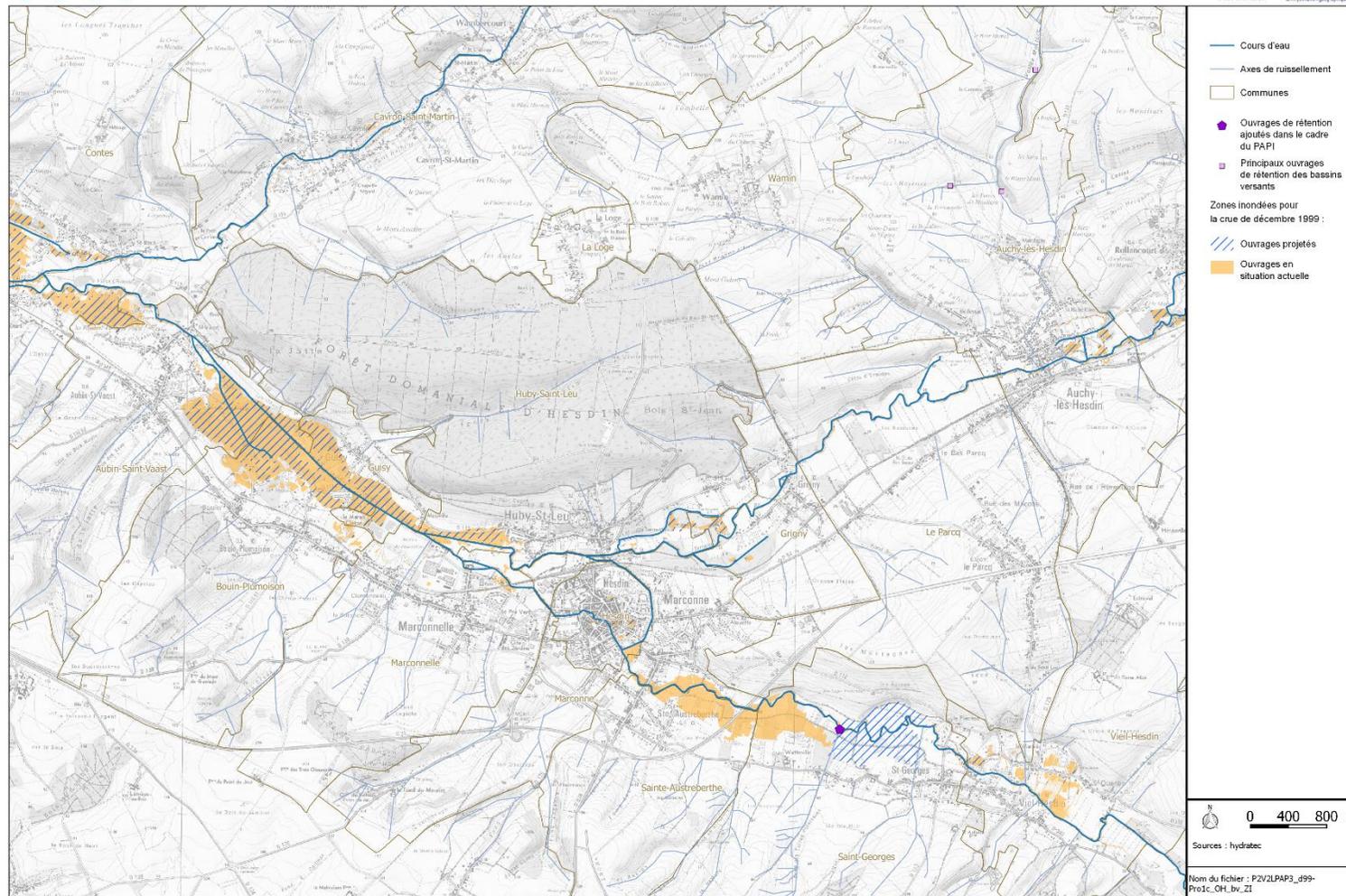


Figure 2-34 : Can\_am1 et Can\_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages  
Cru de décembre 1999 (1/3)

Zones inondées pour la crue de décembre 1999  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (2/3)

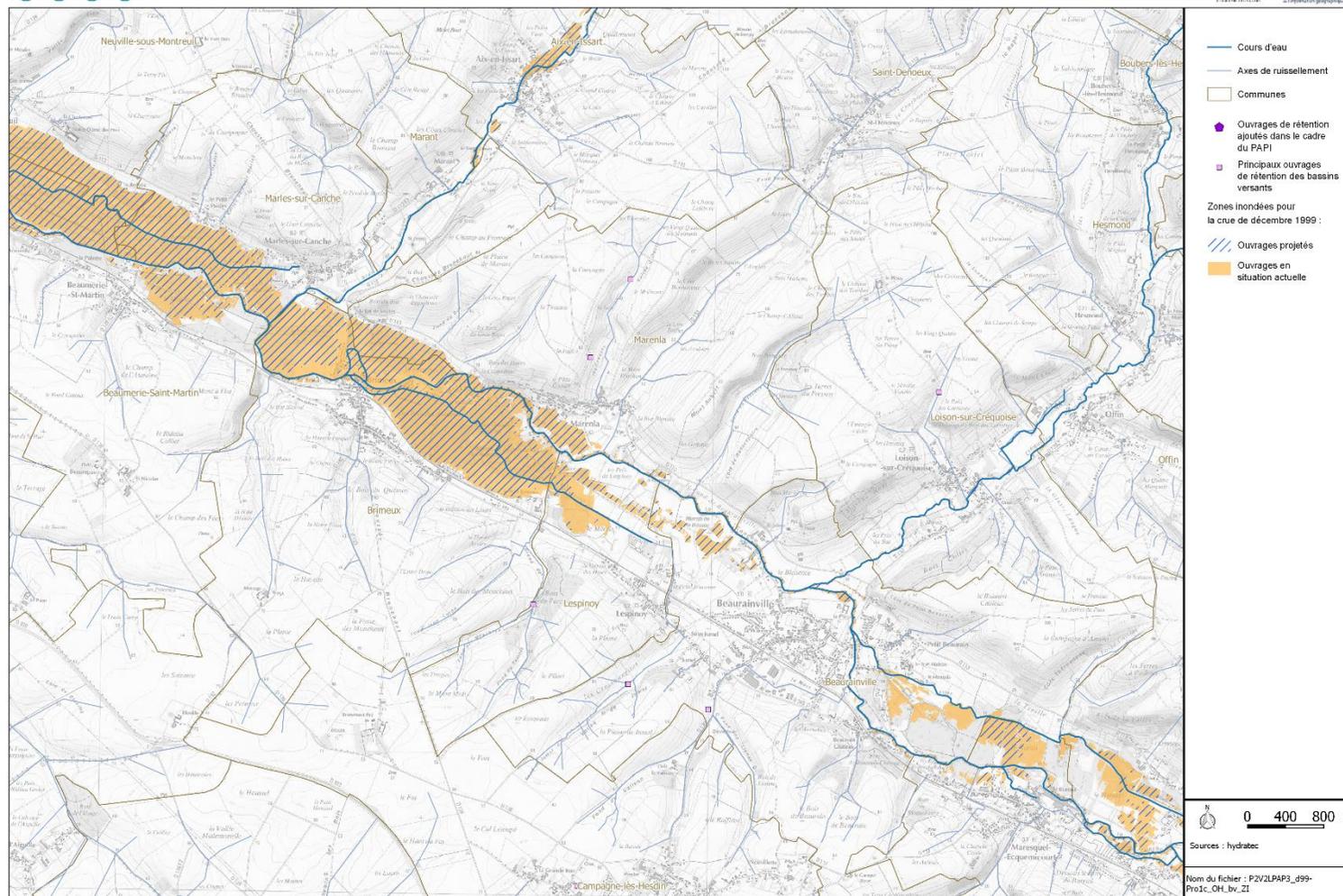


Figure 2-35 : Can\_am1 et Can\_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages  
Crue de décembre 1999 (2/3)

Zones inondées pour la crue de décembre 1999  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (3/3)

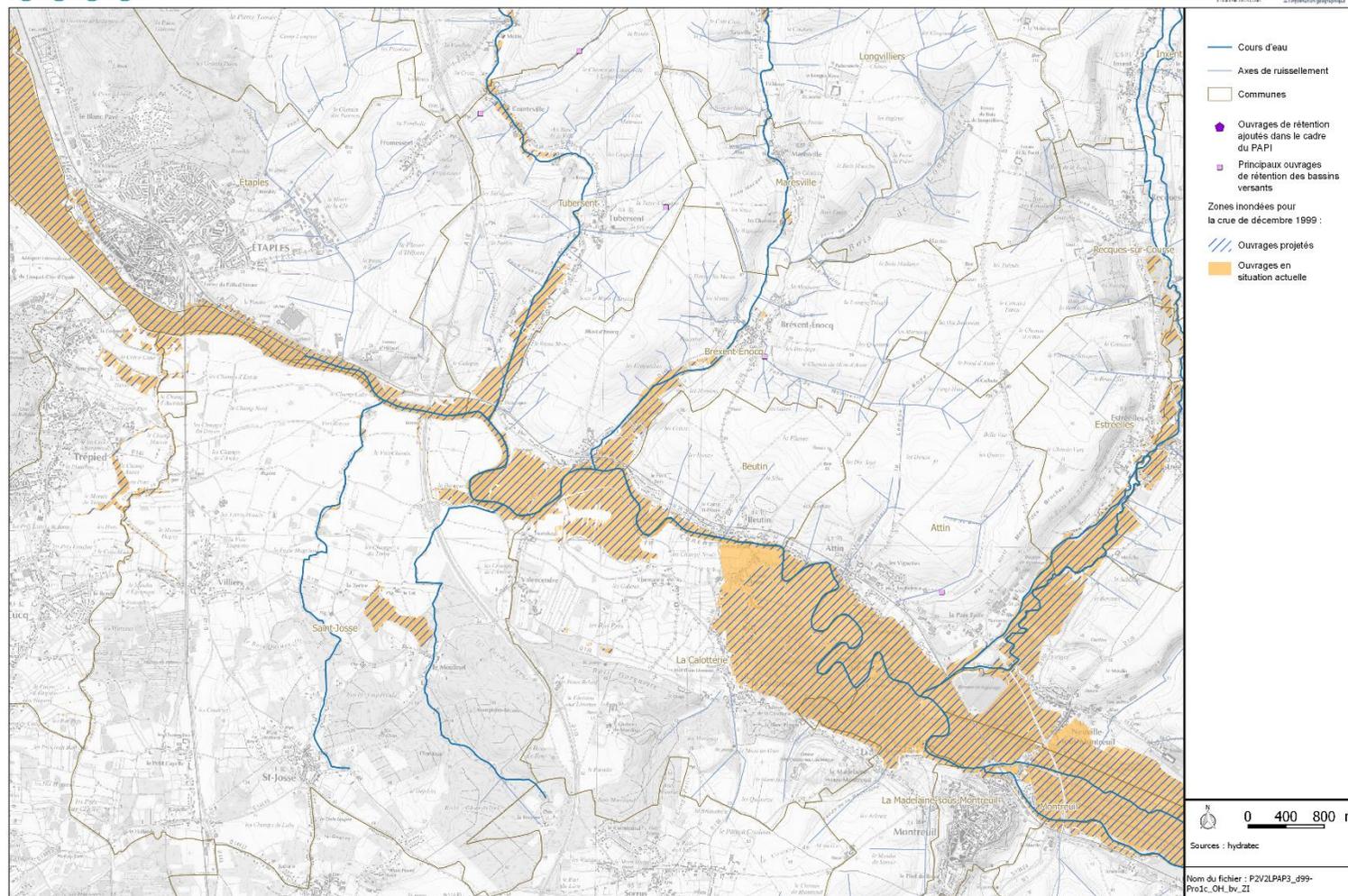


Figure 2-36 : Can\_am1 et Can\_am2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages  
Cru de décembre 1999 (3/3)



Pour la crue fréquente, les ouvrages projetés abaissent les niveaux d'eau jusqu'à la Calotterie. Les gains sont maximaux sur une distance de 2,5 km en aval de l'ouvrage aval (en amont d'Hesdin, ils dépassent 50 cm). Plus à l'aval, des abaissements entre 20 et 50 cm sont observables à Brimeux et Marles-sur-Canche.

Pour la crue moyenne, la longueur d'influence des ouvrages est plus importante puisqu'elle s'étend jusqu'à la voie ferrée sur la commune de Saint-Josse. Contrairement à la crue fréquente, les gains sur les niveaux d'eau les plus marqués ne se situent pas à l'aval immédiat de l'ouvrage aval mais à une vingtaine de kilomètres en aval, à Marles-sur-Canche. L'abaissement induit par l'aménagement est compris entre 20 et 50 cm.

Pour la crue de décembre 1999, l'ouvrage diminue sensiblement la zone inondée jusqu'à La Calotterie. L'abaissement des niveaux d'eau est plus important que pour la crue fréquente en amont de Beaurainville car cet événement est caractérisé par une crue de la Canche ET une crue de la Ternoise, ce qui permet de se rendre compte du déphasage induit par la présence de l'ouvrage entre les deux pics de crue.

La zone d'influence des ouvrages de rétention projetés sur la Canche en amont d'Hesdin est nettement plus étendue que celles des autres aménagements présentés dans la suite du rapport.

### c) Déphasage de la Canche et de la Ternoise

La figure ci-après présente les hydrogrammes de la Canche en situation actuelle et avec les ouvrages projetés en amont et en aval de la confluence avec la Ternoise et de la Ternoise en situation actuelle.

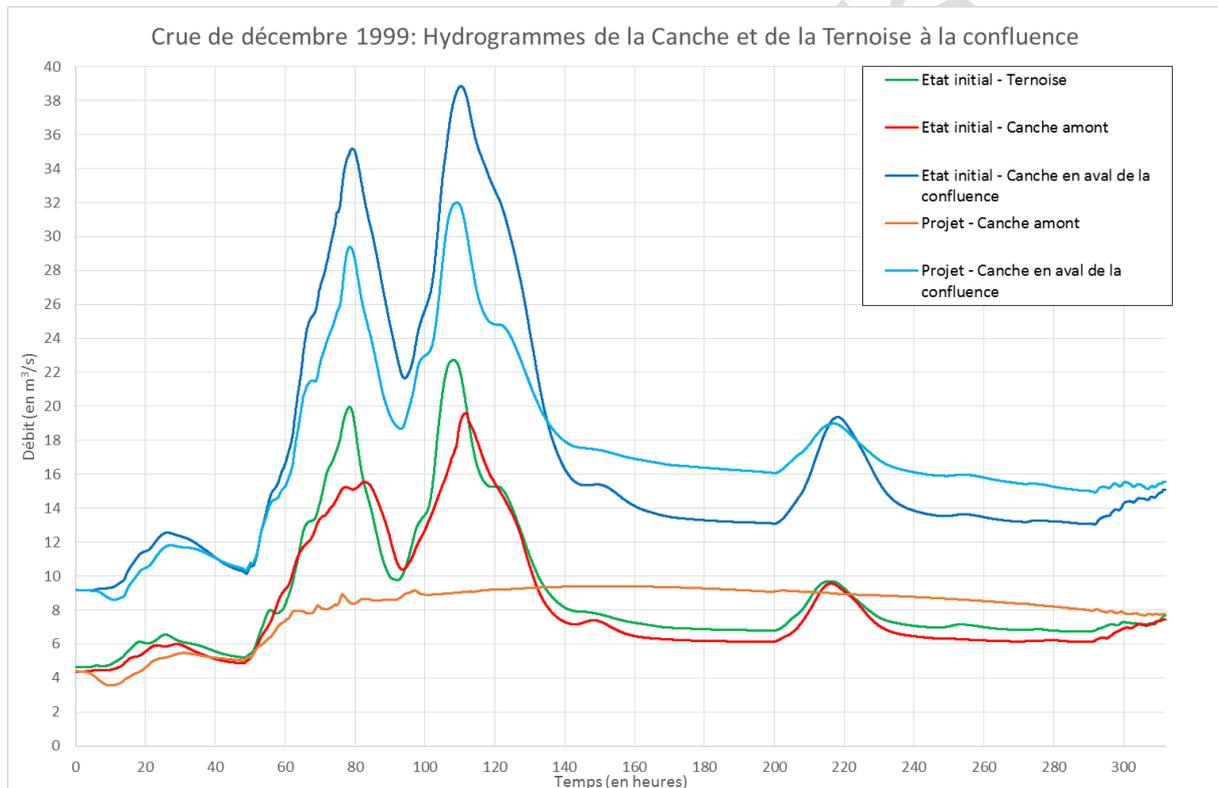


Figure 2-37 : Can\_am1 et Can\_am2: Hydrogrammes de la Canche et de la Ternoise à proximité de leur confluence  
Crue de décembre 1999

Les hydrogrammes montrent que les ouvrages Can\_am1 et Can\_am2 permettent de retarder le pic de crue de la Canche de 38 heures. Les pics de crues de la Canche et de la Ternoise sont ainsi déphasés de 41 heures contre 3 heures actuellement.

Par ailleurs, en aval de la confluence, pour la crue de décembre 1999, les ouvrages Can\_am1 et Can\_am2 permettent d'abaisser le débit de pointe de 18% (32 m<sup>3</sup>/s avec les ouvrages contre 39 m<sup>3</sup>/s actuellement).

### 2.3.2 Ouvrage sur le Bras de Brosne

Une modélisation avec l'ouvrage de rétention sur le Bras de Brosne (Bb) d'un volume de stockage de 80 000 m<sup>3</sup> est réalisée.



L'impact hydraulique de cet aménagement est évalué sur la crue fréquente (période de retour 20 ans) et sur la crue moyenne.

**a) Hydrogrammes en amont et aval de l'ouvrage**

Les figures qui suivent présentent les hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté sur le Bras de Brosnne pour les crues fréquente et moyenne.

L'aménagement sur le Bras de Brosnne ne comporte qu'un seul ouvrage de rétention. Les hydrogrammes « amont » ci-après, avec l'ouvrage projeté, correspondent donc aussi aux hydrogrammes en aval de l'ouvrage en situation actuelle.

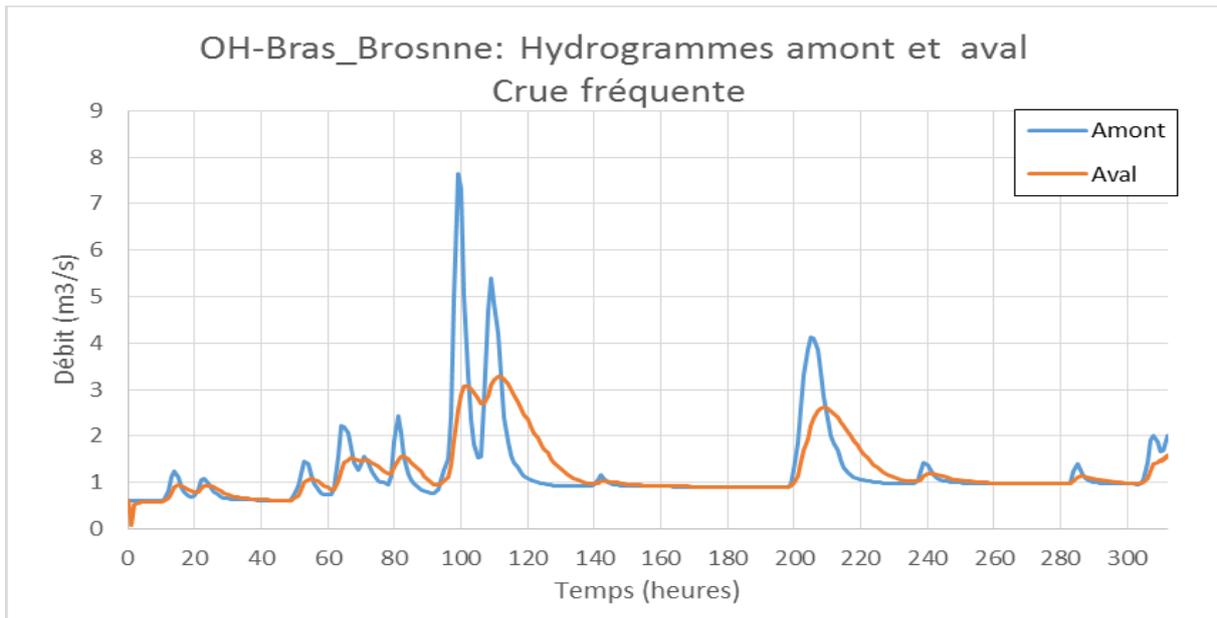


Figure 2-38 : Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté  
Crue fréquente

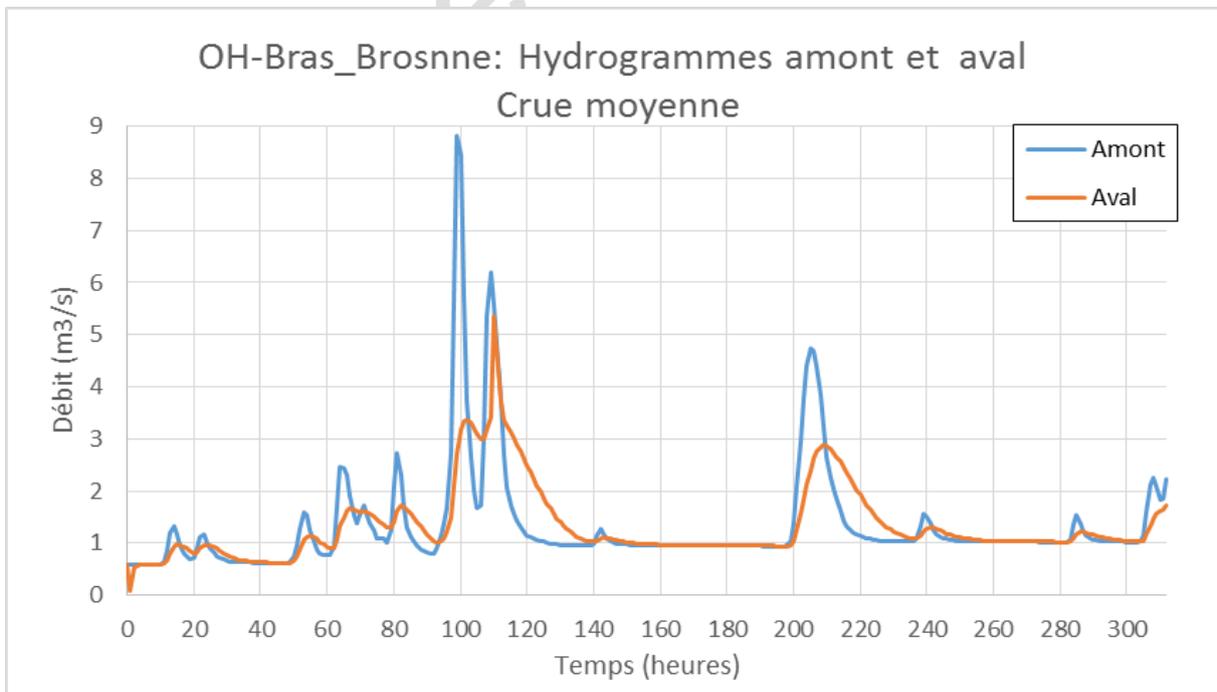


Figure 2-39 : Bb : Hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté  
Crue moyenne



Pour la crue fréquente, l'ouvrage permet d'abaisser le débit de pointe de 7,5 m<sup>3</sup>/s à 3 m<sup>3</sup>/s, soit un écrêtement de 57%. Pour la crue moyenne, l'écrêtement n'est que de 39% (diminution du débit de pointe de 9 m<sup>3</sup>/s à 5,5 m<sup>3</sup>/s).

La vidange s'effectue en une trentaine d'heures pour chacune des deux crues simulées.

De par son dimensionnement sur la crue fréquente, l'ouvrage projeté surverse pour la crue moyenne pendant une six heures.

### b) Niveaux d'eau et emprises inondées

Les figures ci-après présentent le profil en long du tronçon modélisé du Bras de Brosne pour les crues fréquente et moyenne en situation actuelle et avec l'ouvrage de rétention projeté (Bb) :

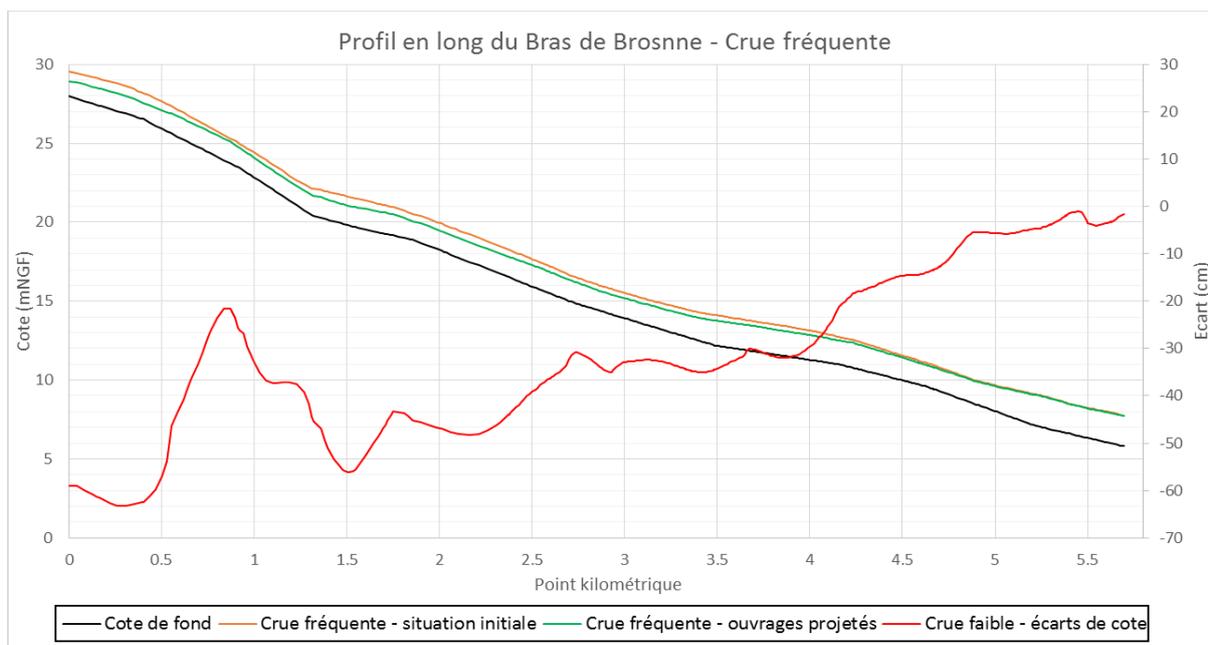


Figure 2-40 : Bb : Profil en long du Bras de Brosne avant et après création de l'ouvrage  
Crue fréquente

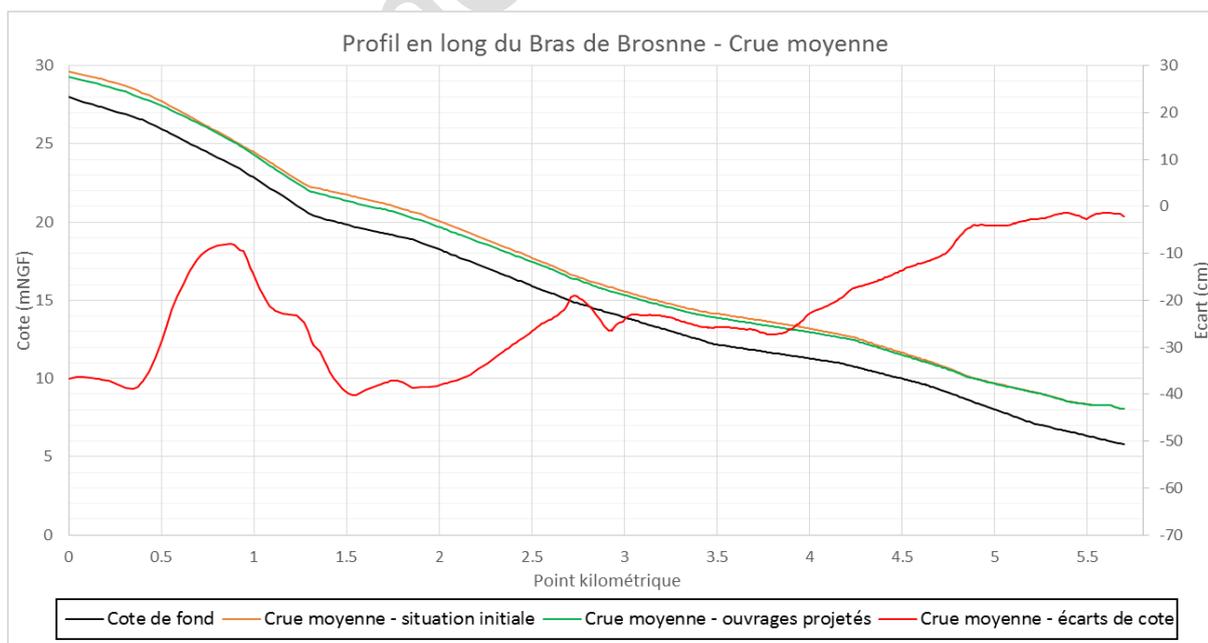


Figure 2-41 : Bb : Profil en long du Bras de Brosne avant et après création de l'ouvrage  
Crue moyenne



Les ouvrages de rétention génèrent un abaissement du niveau d'eau dans le lit mineur de la Dordogne. Pour la crue fréquente, il est de l'ordre de 20 cm sur les 2/3 amont du tronçon modélisé et se réduit à moins de 10 cm en aval. Pour la crue moyenne, l'abaissement du niveau d'eau est plus faible. Il est de 8 cm en moyenne sur les 2/3 amont du tronçon modélisé et de 3 cm en aval.

Pour les deux crues simulées, l'ouvrage projeté abaisse le niveau d'eau dans le lit mineur jusqu'à la confluence avec la Canche. Pour la crue fréquente, l'abaissement est en moyenne de 30 cm, tandis que pour la crue moyenne, il est 20 cm. Ce dernier reste supérieur à 5 cm jusqu'en amont du bourg de Marles-sur-Canche.

Les cartes qui suivent présentent l'impact de l'ouvrage sur le Bras de Brosne en amont d'Aix-en-Issart sur les hauteurs d'eau maximales pour les crues fréquente et moyenne.

Ecart de cote avec et sans les ouvrages structurants du PAPI pour la crue fréquente - Bras de Brosne

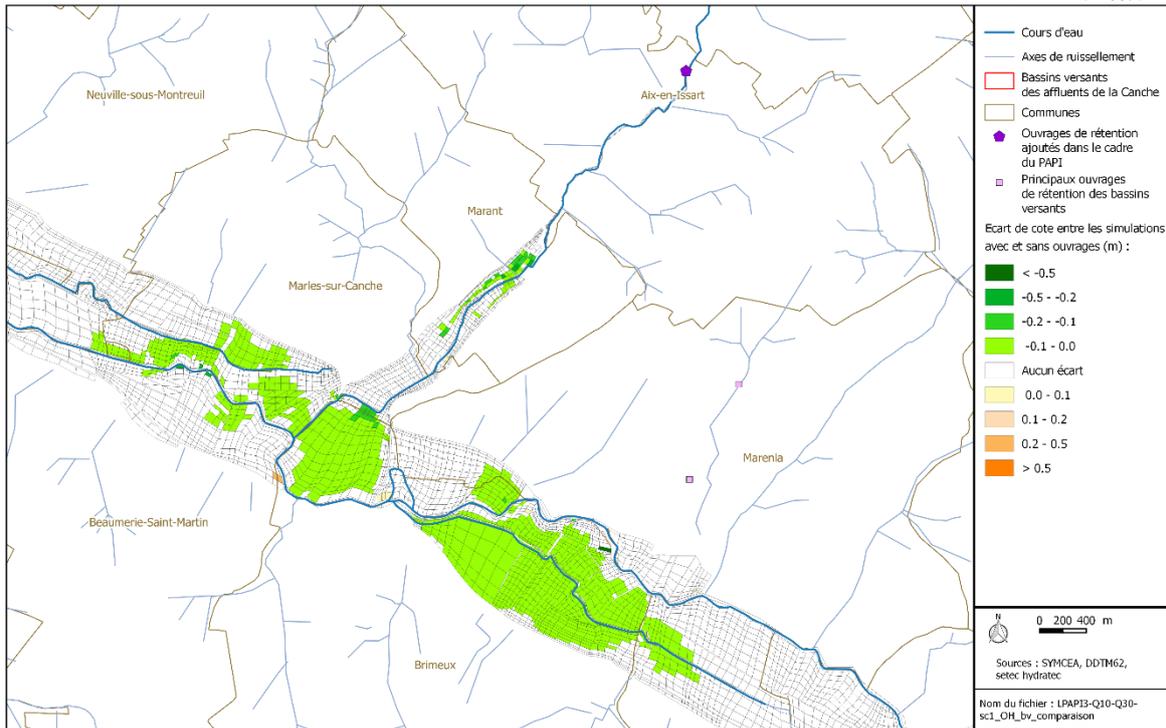


Figure 2-42 : Bb : Impact de l'ouvrage projeté pour la crue fréquente

Docu

Ecart de cote avec et sans les ouvrages structurants du PAPI pour la crue moyenne - Bras de Brosne

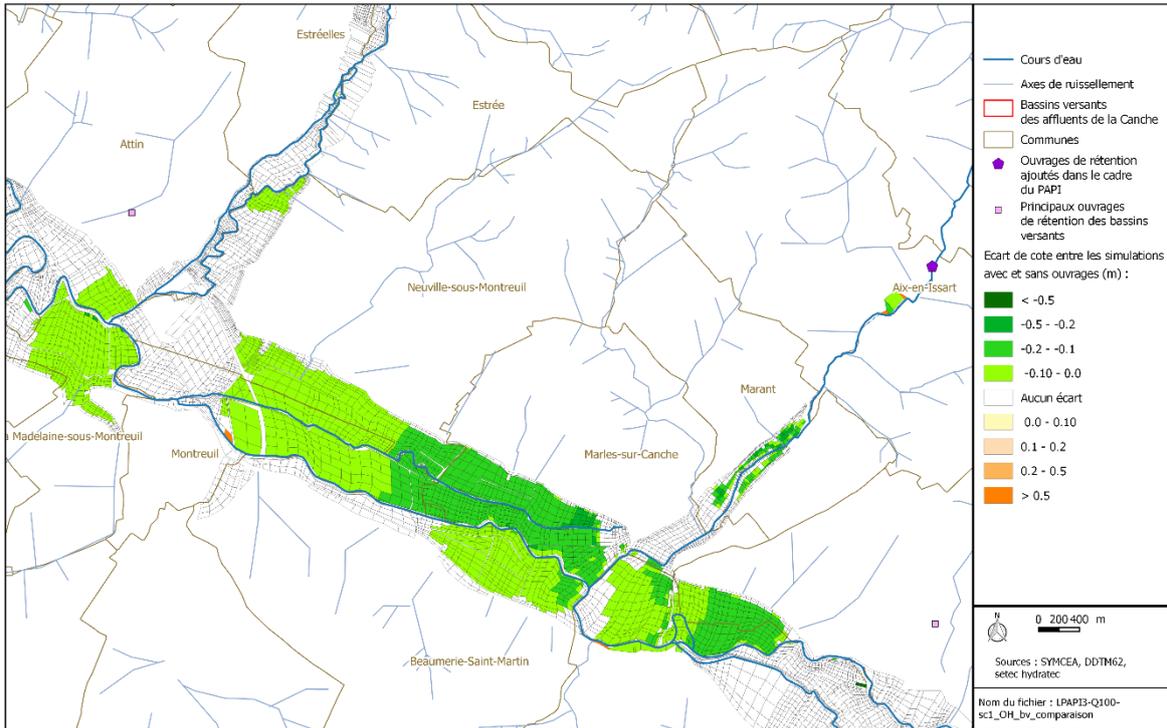


Figure 2-43 : Bb : Impact de l'ouvrage projeté pour la crue moyenne

Zones inondées pour la crue fréquente - Bras de Brosne  
 Comparaison entre digues projetées dans le cadre du PAPI et actuelles

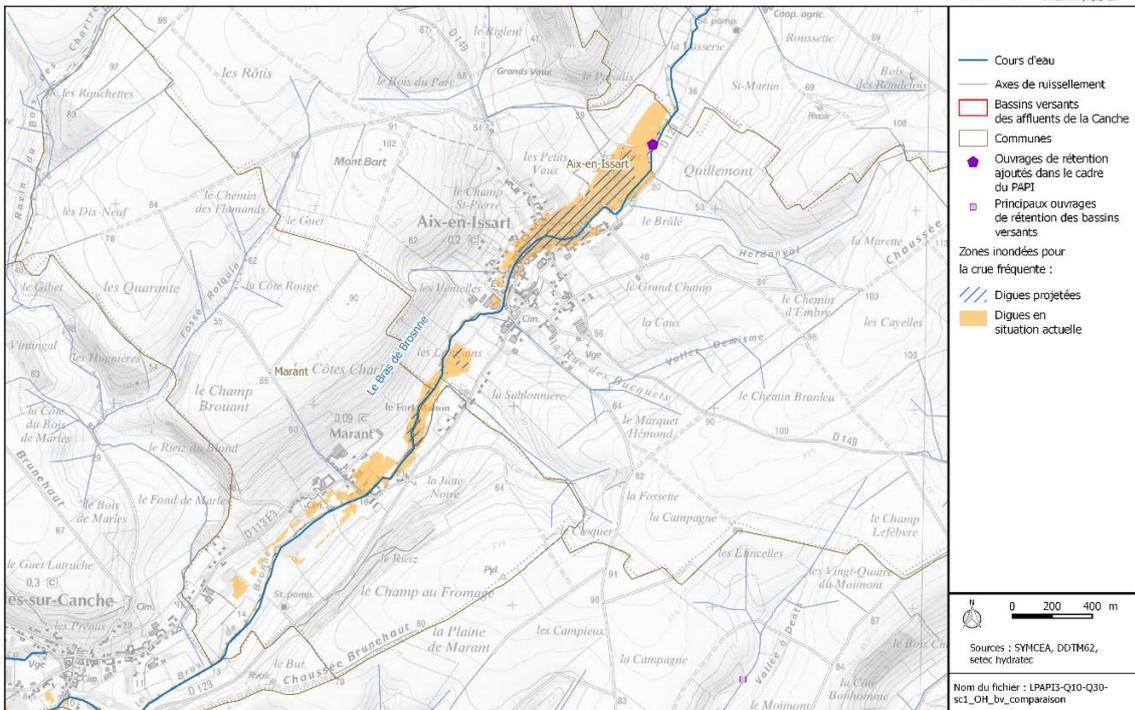


Figure 2-44 : Bb : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création de l'ouvrage  
 Crue fréquente

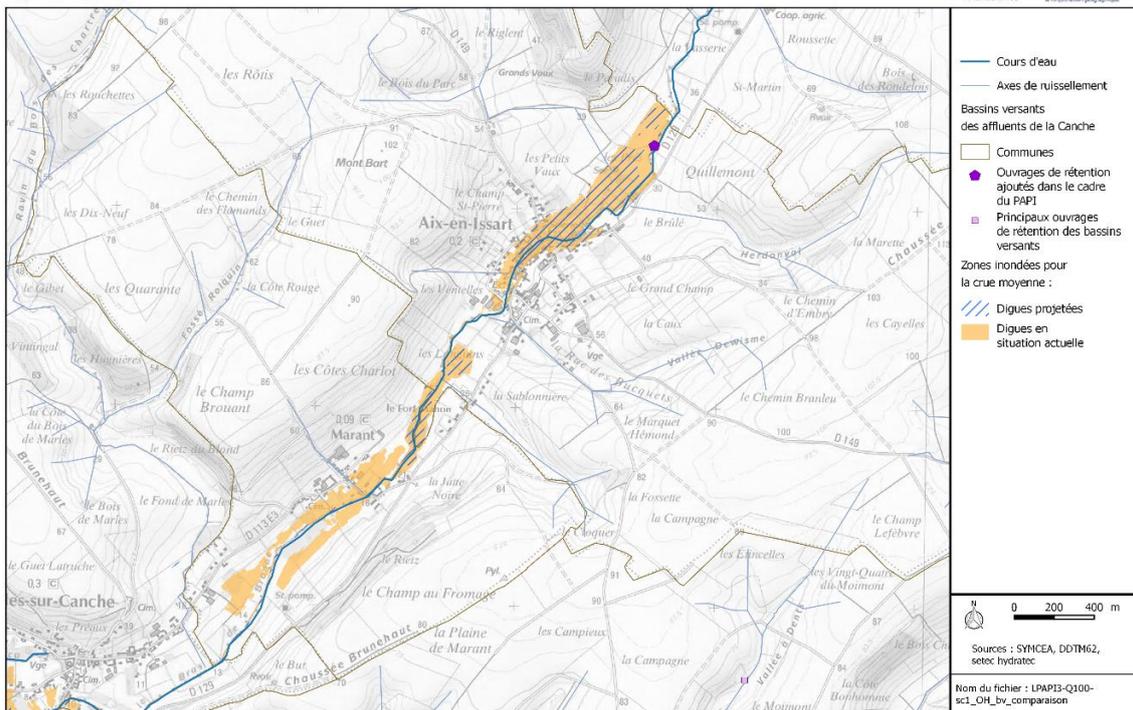


Figure 2-45 : Bb : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création de l'ouvrage  
 Crue moyenne

Pour la crue fréquente, dans le lit majeur du Bras de Brosnne, les gains sont au maximum de 50 cm. L'ouvrage projeté sur le Bras de Brosnne a une influence dans le lit majeur de la Canche, sur 2,5 km en amont de la confluence et autant en aval. Cette influence reste toutefois peu marquée puisque l'ouvrage crée un abaissement des niveaux d'eau inférieur à 10 cm pour la crue fréquente.

Pour la crue moyenne, les gains sont compris entre 0 et 50 cm sur le Bras de Brosnne et atteignent une vingtaine de centimètres dans la Canche, à Marles-sur-Canche. La longueur d'influence dans la Canche est plus grande et s'étend jusqu'à la Madeleine-sous-Montreuil, soit 6 km en aval de la confluence Bras de Brosnne/Canche.

### c) Déphasage de la Canche et du Bras de Brosnne

La figure ci-après présente les hydrogrammes, pour la crue fréquente, du Bras de Brosnne et de la Canche, en situation actuelle et avec les ouvrages projetés à proximité de la confluence avec la Canche, et de la Canche en situation actuelle en amont de la confluence.

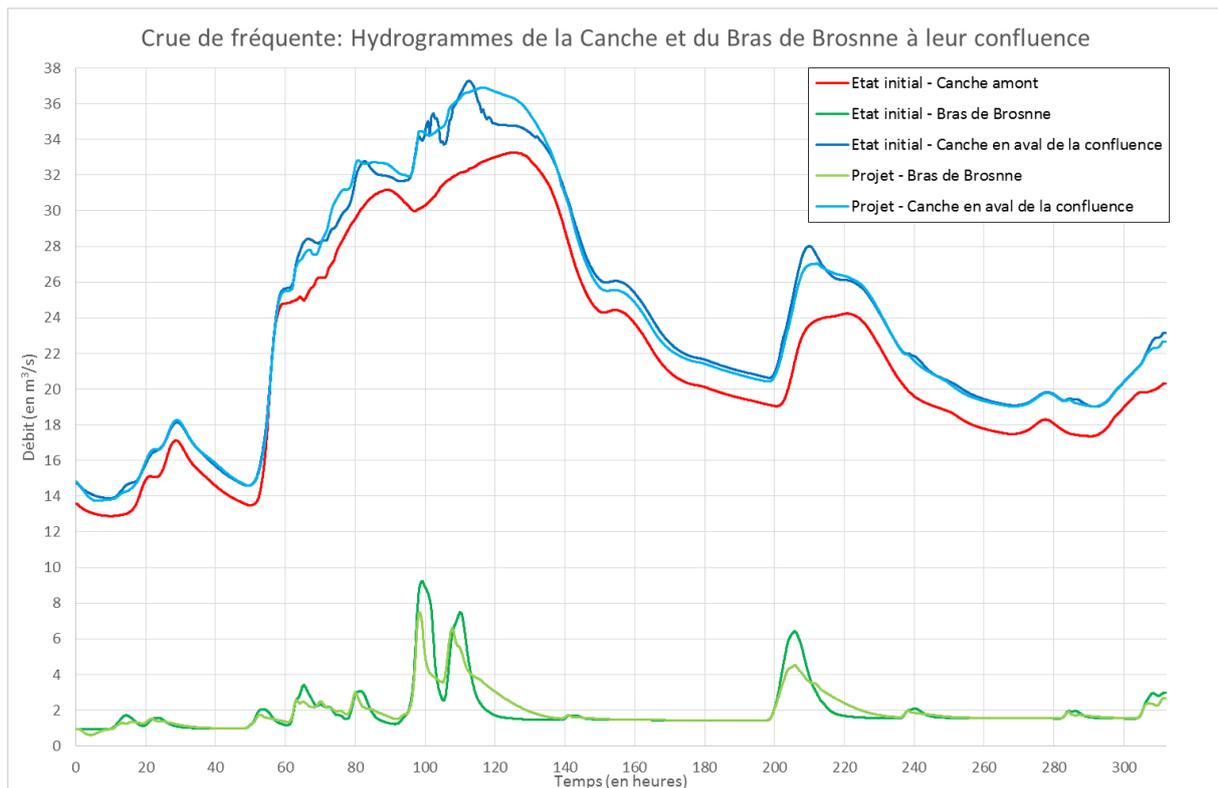


Figure 2-46 : Bb: Hydrogrammes de la Canche et du Bras de Brosne à proximité de leur confluence  
Cruve fréquente

En situation actuelle et avec l'ouvrage projeté, le pic de crue en aval de la confluence de la Canche et du Bras de Brosne est plus précoce qu'en amont de la confluence. Il est induit par le pic de crue du Bras de Brosne.

La création de l'ouvrage de rétention sur le Bras de Brosne retarde de 6 heures le pic de crue dans la Canche en aval de la confluence du fait de l'écrêtement de l'hydrogramme du Bras de Brosne.

### 2.3.3 Ouvrages sur la Dordogne et sur l'Huitrepin

Une modélisation avec les ouvrages de rétention étagés sur la Dordogne (Do1 et Do2) ainsi que ceux sur l'Huitrepin (Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4) est réalisée.

Pour rappel, les ouvrages de rétention sur la Dordogne ont un volume de stockage de 30 000 m<sup>3</sup>, tandis qu'il est de 135 000 m<sup>3</sup> pour ceux sur l'Huitrepin.

Les impacts hydrauliques de ces deux aménagements sont évalués sur la crue fréquente (période de retour 10 ans) et sur la crue moyenne.



a) *Hydrogrammes en amont et aval des aménagements*

- Ouvrage sur la Dordogne
  - En amont et en aval des ouvrages projetés

Les figures ci-après présentent les hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté sur la Dordogne pour les crues fréquente et moyenne.

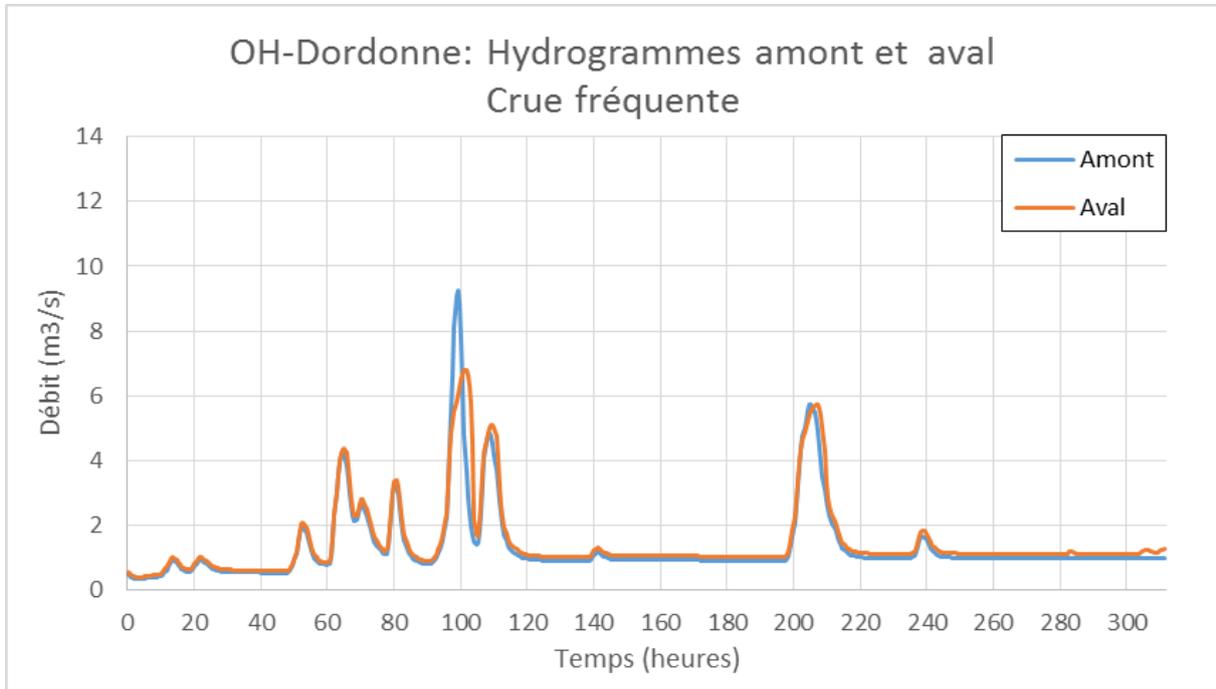


Figure 2-47 : Do1, Do2 : Hydrogrammes en amont et en aval des ouvrages projetés  
Crue fréquente

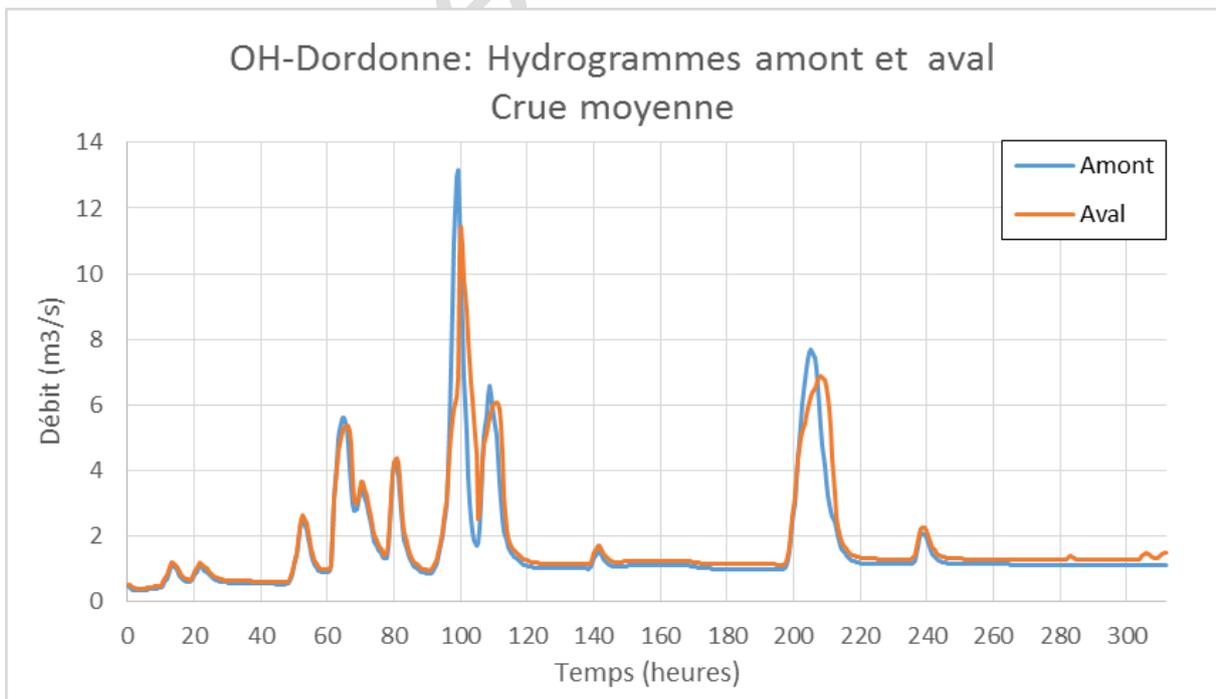


Figure 2-48 : Do1, Do2 : Hydrogrammes en amont et en aval des ouvrages projetés  
Crue moyenne



Pour la crue fréquente, l'ouvrage permet d'abaisser le débit de pointe de 9 m<sup>3</sup>/s à 6,8 m<sup>3</sup>/s, soit un écrêtement de 27%. Pour la crue moyenne, l'écrêtement n'est que de 13% (diminution du débit de pointe de 13 m<sup>3</sup>/s à 11,5 m<sup>3</sup>/s).

La vidange de l'ouvrage s'effectue en dix heures pour la crue fréquente et en seize heures pour l'évènement moyen.

De par son dimensionnement, l'ouvrage projeté surverse pour la crue moyenne pendant une cinq heures.

- Bilan en aval du dernier ouvrage (Do2)

Les hydrogrammes en aval de l'ouvrage Do2 permettent que quantifier l'efficacité des ouvrages projetés sur la Dordonne (Do1 et Do2) sur les crues fréquente et moyenne :

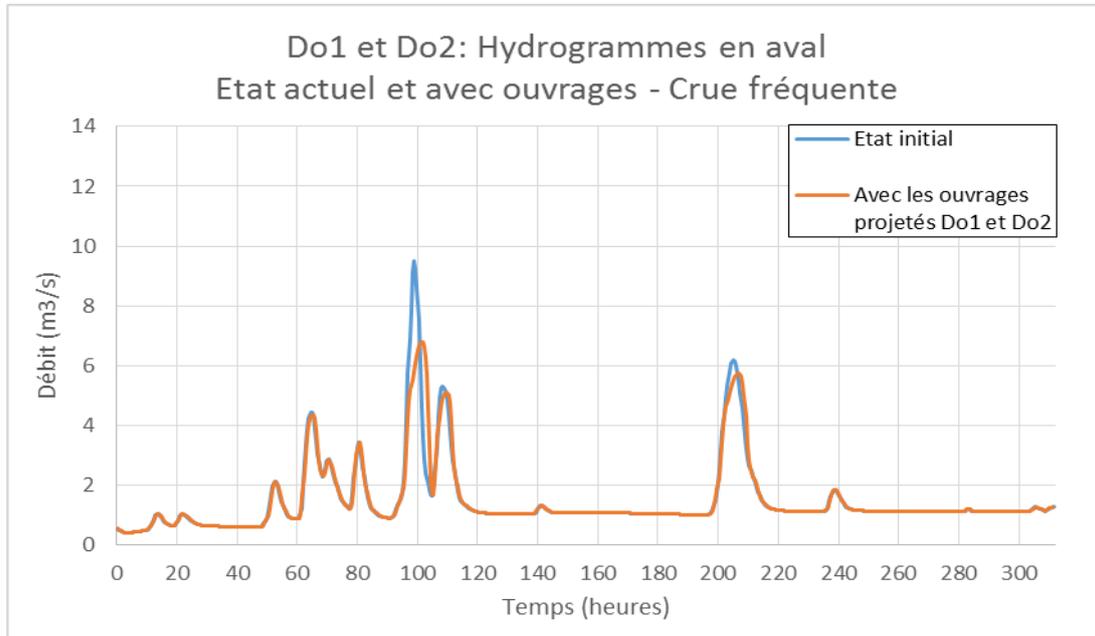


Figure 2-49 : Do1 et Do2: Hydrogrammes en aval de l'ouvrage Do1 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés  
Crue moyenne

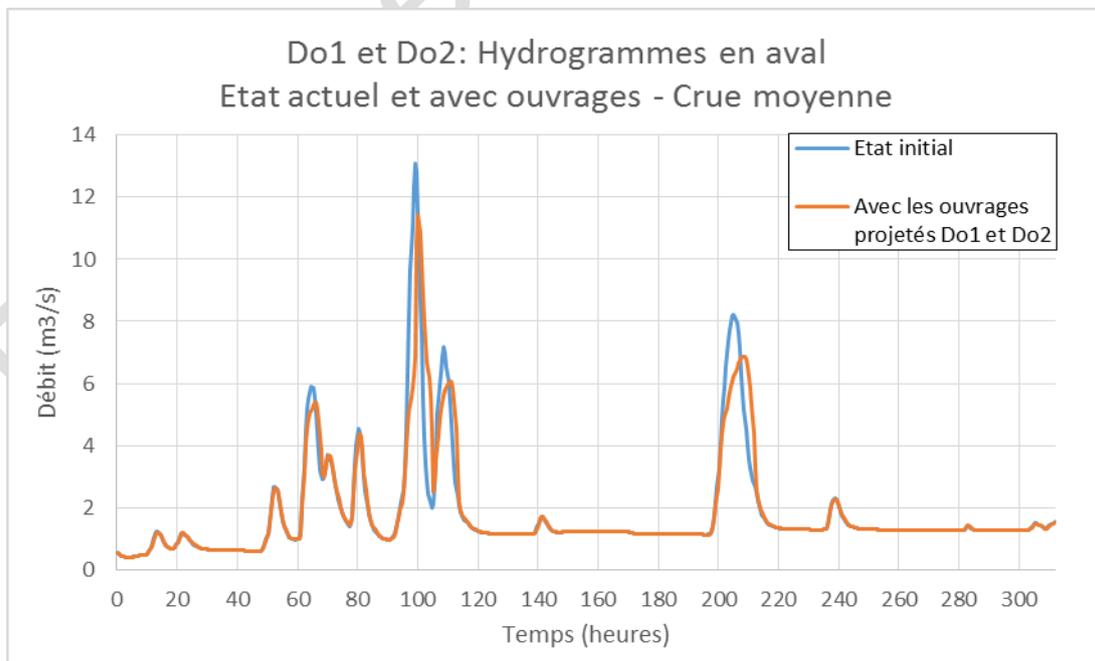


Figure 2-50 : Do1 et Do2: Hydrogrammes en aval de l'ouvrage Do2 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés  
Crue moyenne



Crue	Débits maximaux (m <sup>3</sup> /s)		
	Etat actuel	Avec les ouvrages projetés	ΔQ
Fréquente	9.5	6.8	29%
Moyenne	13.1	11.4	13%

Tableau 2-7 : Do1 et Do2 : Débits maximaux en aval de l'ouvrage Do2 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés

A la vue des gains en aval de l'ouvrage Do2, les ouvrages sur la Dordogne sont nettement plus efficaces pour la crue fréquente que pour la crue faible.

Du fait de la faible distance et qu'il y ait peu d'apports latéraux entre l'amont de l'ouvrage Do1 et l'aval de Do2, les hydrogrammes en aval de Do2 en situation actuelle ressemblent fortement à ceux de l'amont de Do1 à l'état projet. Ainsi, les débits de pointe et les écrêtements induits sont similaires que l'on étudie les hydrogrammes amont et aval des ouvrages à l'état projet (voir paragraphe ci-dessus) ou l'aval de Do2 en situation actuelle et avec les ouvrages projetés.

- Ouvrage sur l'Huitrepin

Les figures qui suivent présentent les hydrogrammes en amont et en aval de l'ouvrage projeté sur l'Huitrepin pour les crues fréquente et moyenne.

Etant donné la proximité des quatre ouvrages de rétention projetés sur l'Huitrepin et qu'il n'y pas d'apport latéraux dans leurs retenues, les hydrogrammes en aval de l'ouvrage aval (Hui4) en situation initiale sont similaires à ceux en amont de l'aménagement à l'état projet.

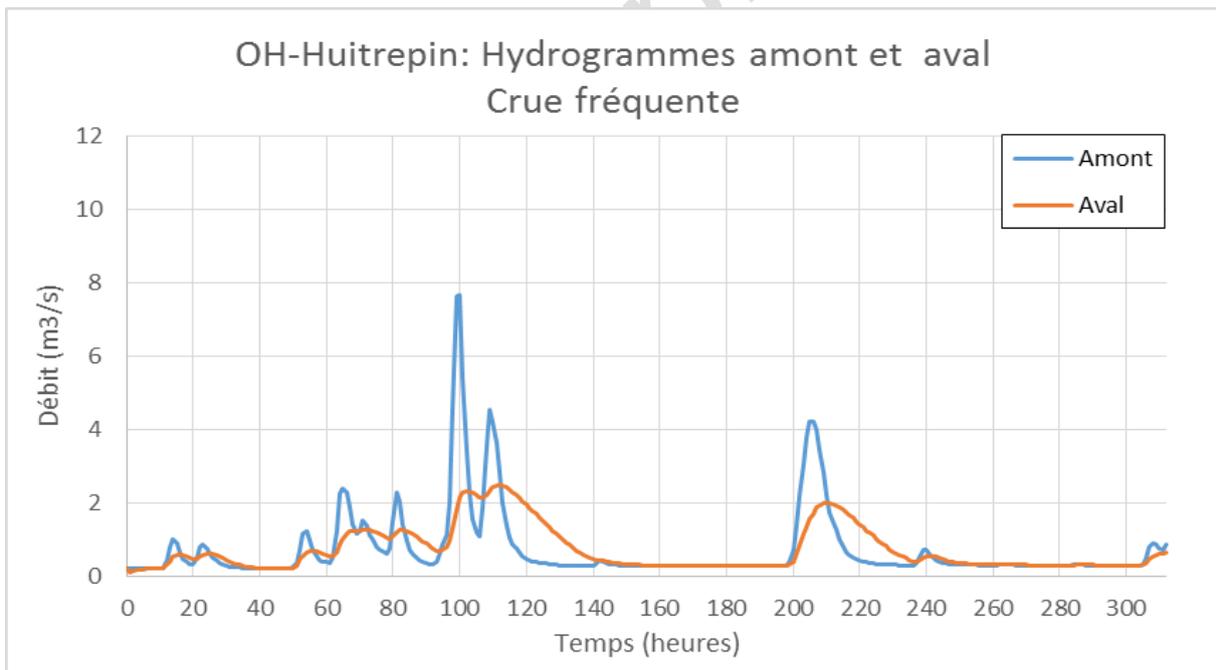


Figure 2-51 : Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4 : Hydrogrammes en amont et en aval des ouvrages projetés Crue fréquente

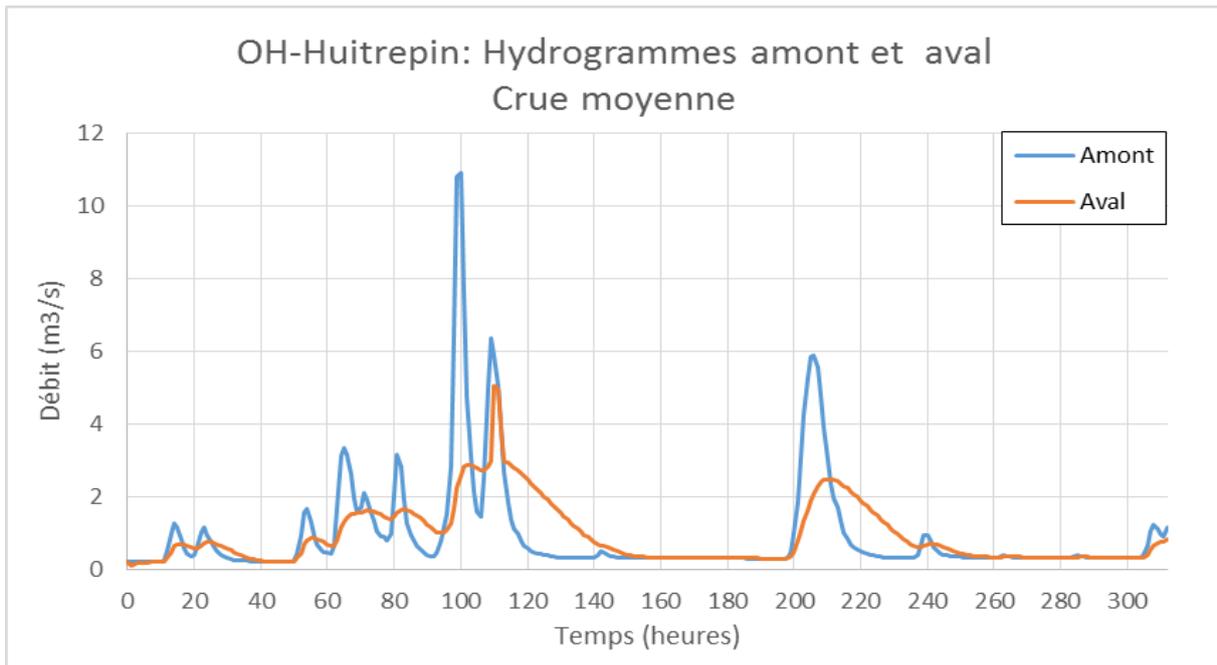


Figure 2-52 : Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4 : Hydrogrammes en amont et en aval des ouvrages projetés  
Crue moyenne

Pour la crue fréquente, l'ouvrage permet d'abaisser le débit de pointe de 7,7 m<sup>3</sup>/s à 2,5 m<sup>3</sup>/s, soit un écrêtement de 68%. Pour la crue moyenne, l'écrêtement n'est que de 54% (diminution du débit de pointe de 11 m<sup>3</sup>/s à 5 m<sup>3</sup>/s).

Pour les deux crues simulées, la vidange de l'ouvrage s'effectue en une trentaine d'heures.

L'ouvrage projeté surverse pour la crue moyenne pendant une dizaine d'heures.

### b) Niveaux d'eau et emprises inondées

Les quatre figures ci-après présentent les profils en long de la Dordogne et de l'Huitrepin pour les crues fréquente et moyenne en situation actuelle et avec les ouvrages projetés :

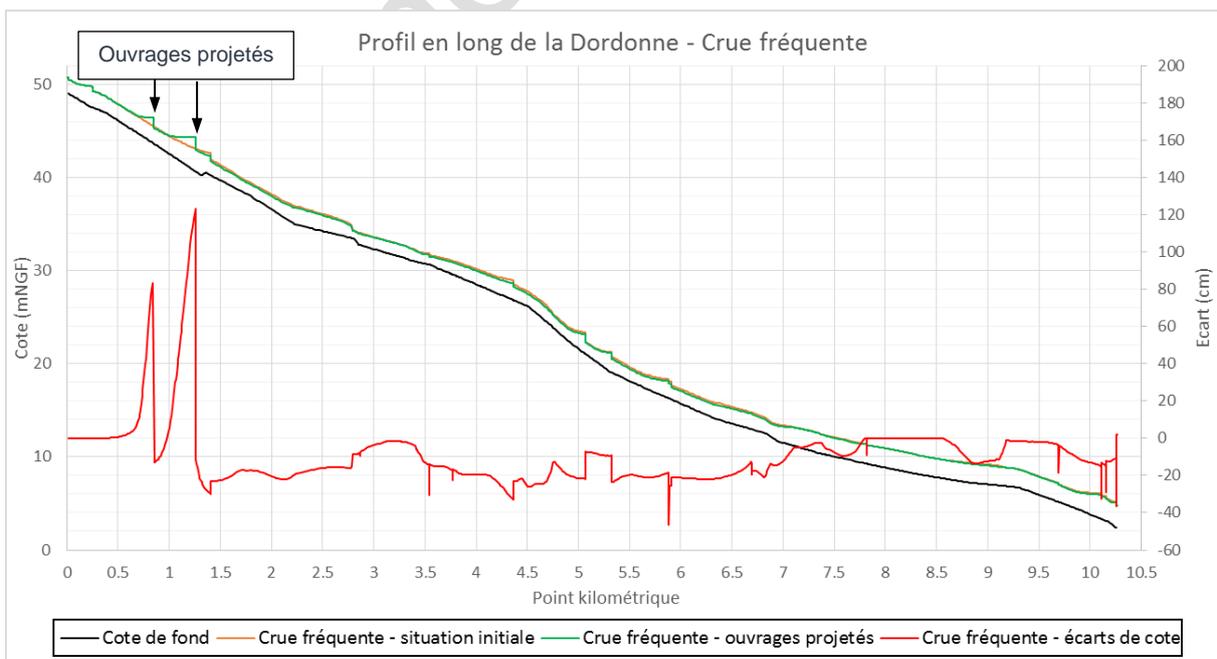


Figure 2-53 : Do1 et Do2 : Profils en long de la Dordogne avec les ouvrages projetés  
Crue fréquente

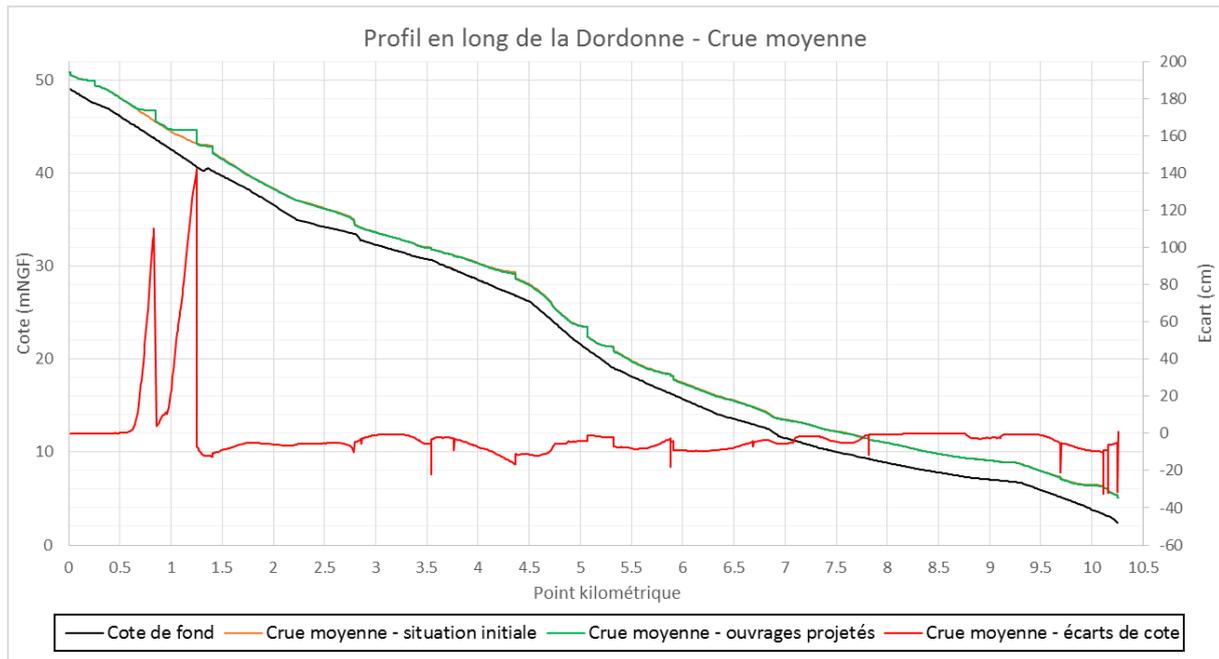


Figure 2-54 : Do1 et Do2 : Profils en long de la Dordogne avec les ouvrages projetés  
Crue moyenne

Les ouvrages de rétention génèrent un abaissement du niveau d'eau dans le lit mineur de la Dordogne. Pour la crue fréquente, il est de l'ordre de 20 cm sur les 2/3 amont du tronçon modélisé et se réduit à moins de 10 cm en aval. Pour la crue moyenne, l'abaissement du niveau d'eau est plus faible. Il est de 8 cm en moyenne sur les 2/3 amont du tronçon modélisé et de 3 cm en aval.

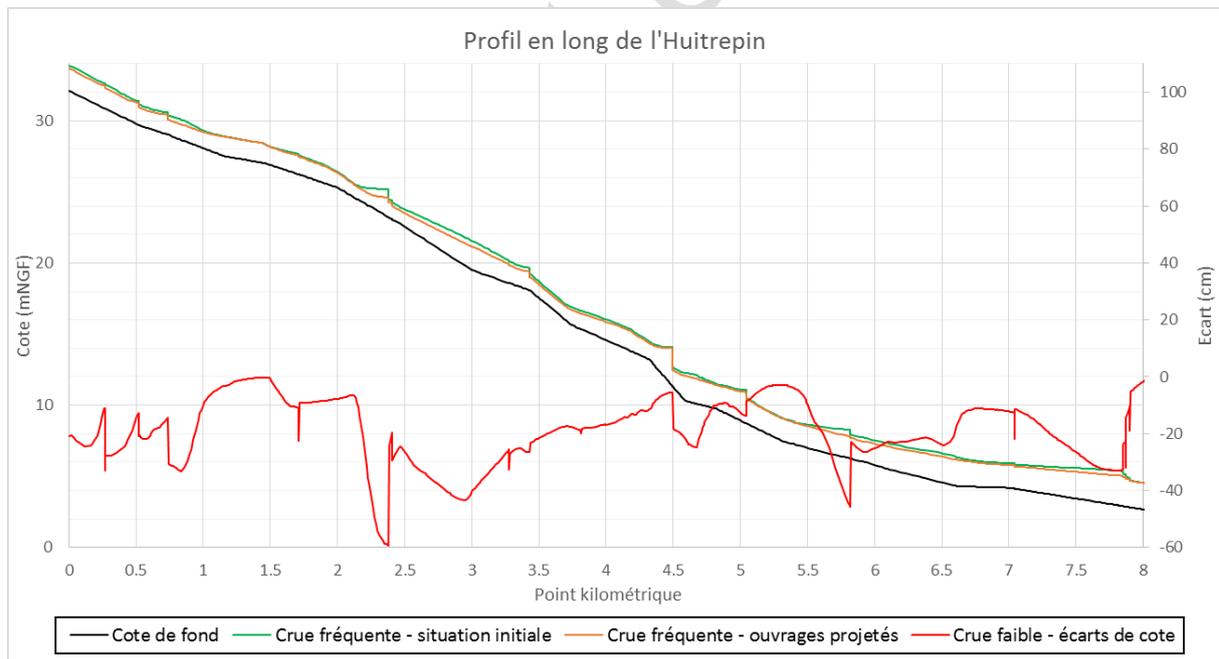


Figure 2-55 : Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4 : Profils en long de l'Huitrepin avec les ouvrages projetés  
Crue fréquente

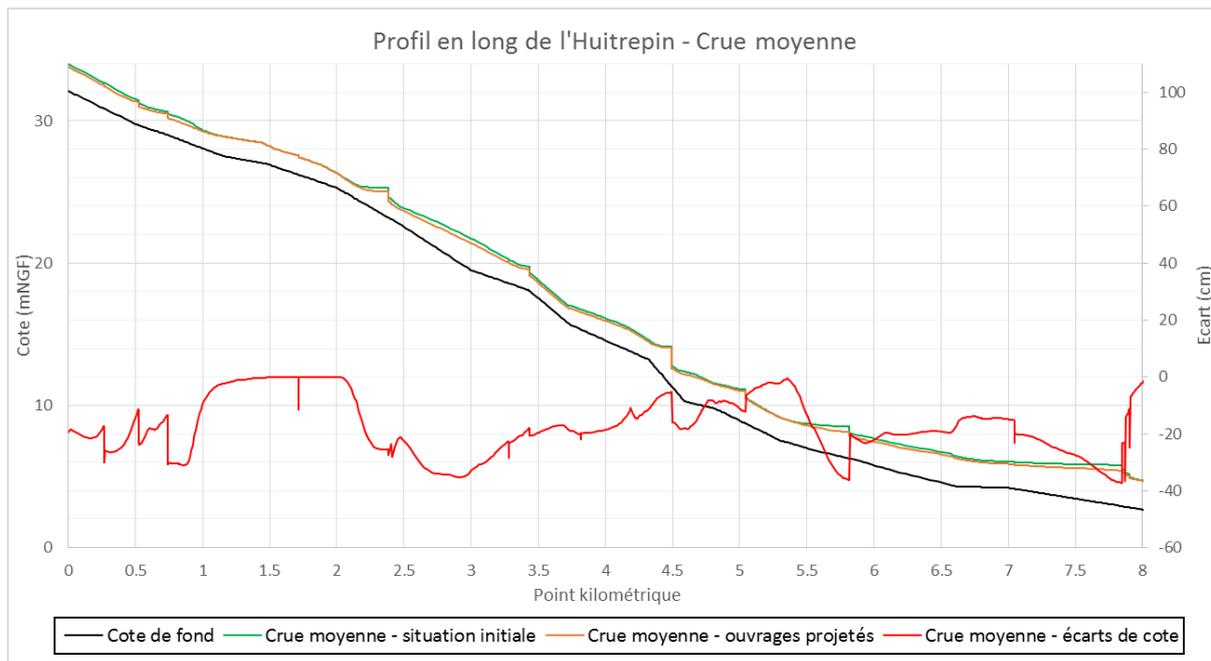


Figure 2-56 : Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4 : Profils en long de l'Huitrepin avec les ouvrages projetés  
Crue moyenne

Les ouvrages de rétention génèrent un abaissement du niveau d'eau dans le lit mineur de l'Huitrepin. Pour la crue fréquente, il est de l'ordre de 30 cm sur le tronçon modélisé. Pour la crue moyenne, l'abaissement du niveau d'eau est plus faible. Il est de 20 cm en moyenne.

Les cartes qui suivent présentent l'impact des ouvrages sur la Dordogne en amont de Cormont et sur l'Huitrepin en amont de Frencq sur les hauteurs d'eau maximales pour les crues fréquente et moyenne.

Document *projeté*

Ecart de cote avec et sans les ouvrages structurants du PAPI pour la crue fréquente - Dordonne et Huitrepin

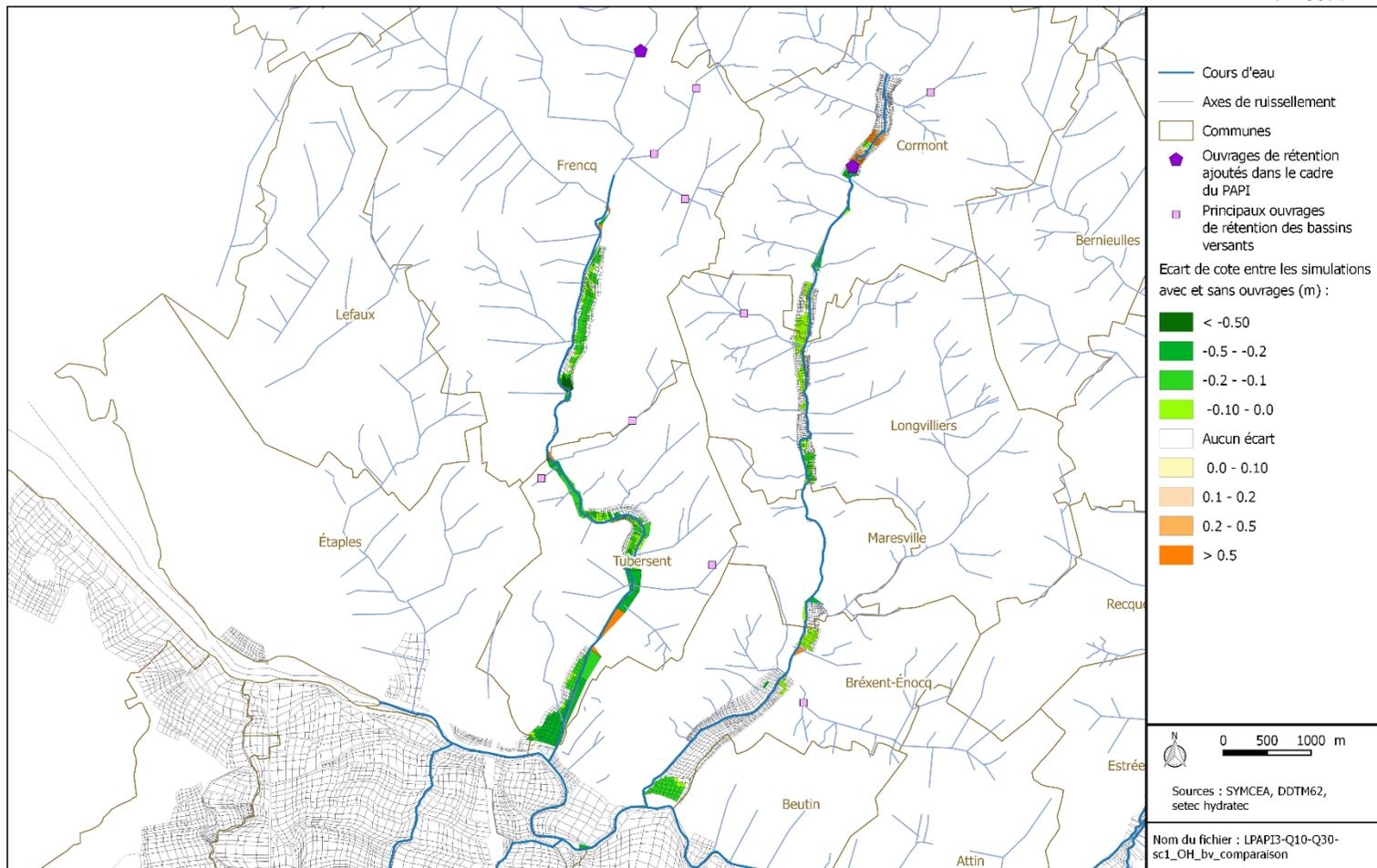


Figure 2-57 : Hui1, Hui2, Do1 et Do2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue fréquente

Ecart de cote avec et sans les ouvrages structurants du PAPI pour la crue moyenne - Dordogne et Huitrepin

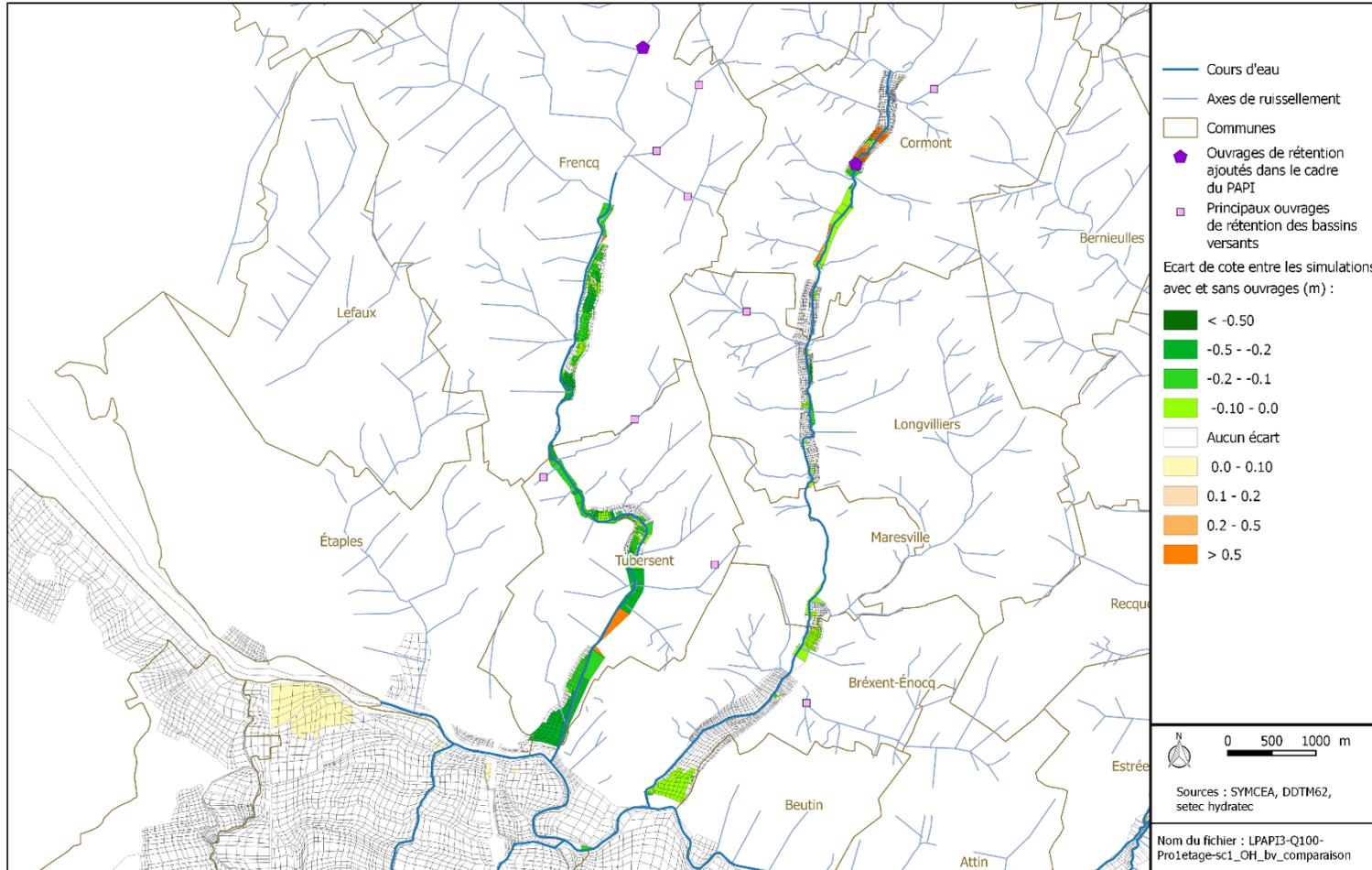


Figure 2-58 : Hui1, Hui2, Do1 et Do2 : Impact des ouvrages projetés pour la crue moyenne

Zones inondées pour la crue fréquente  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Dordonne et Huitrepin

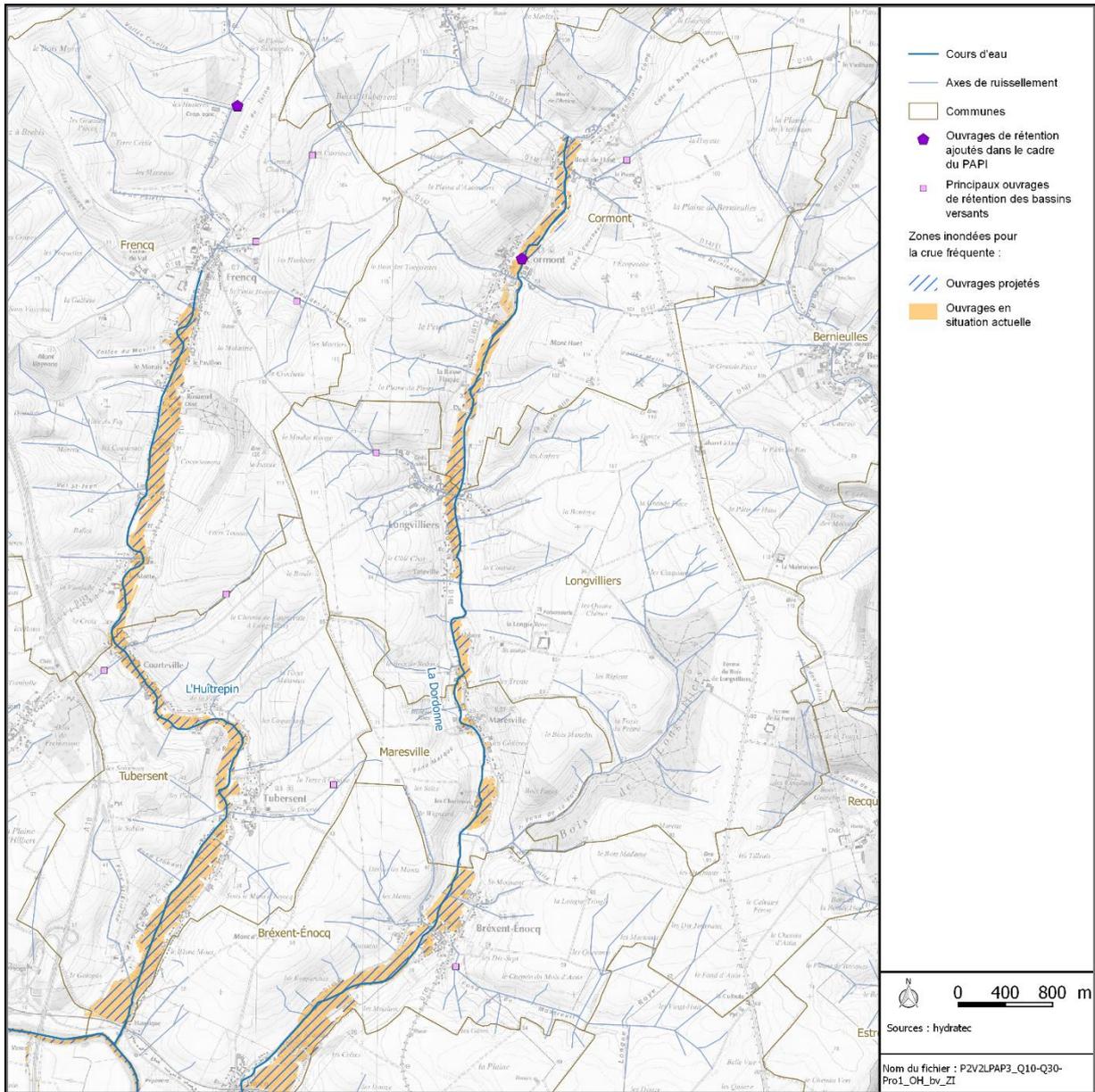


Figure 2-59 : Hui1, Hui2, Do1 et Do2 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création des ouvrages - Crue fréquente

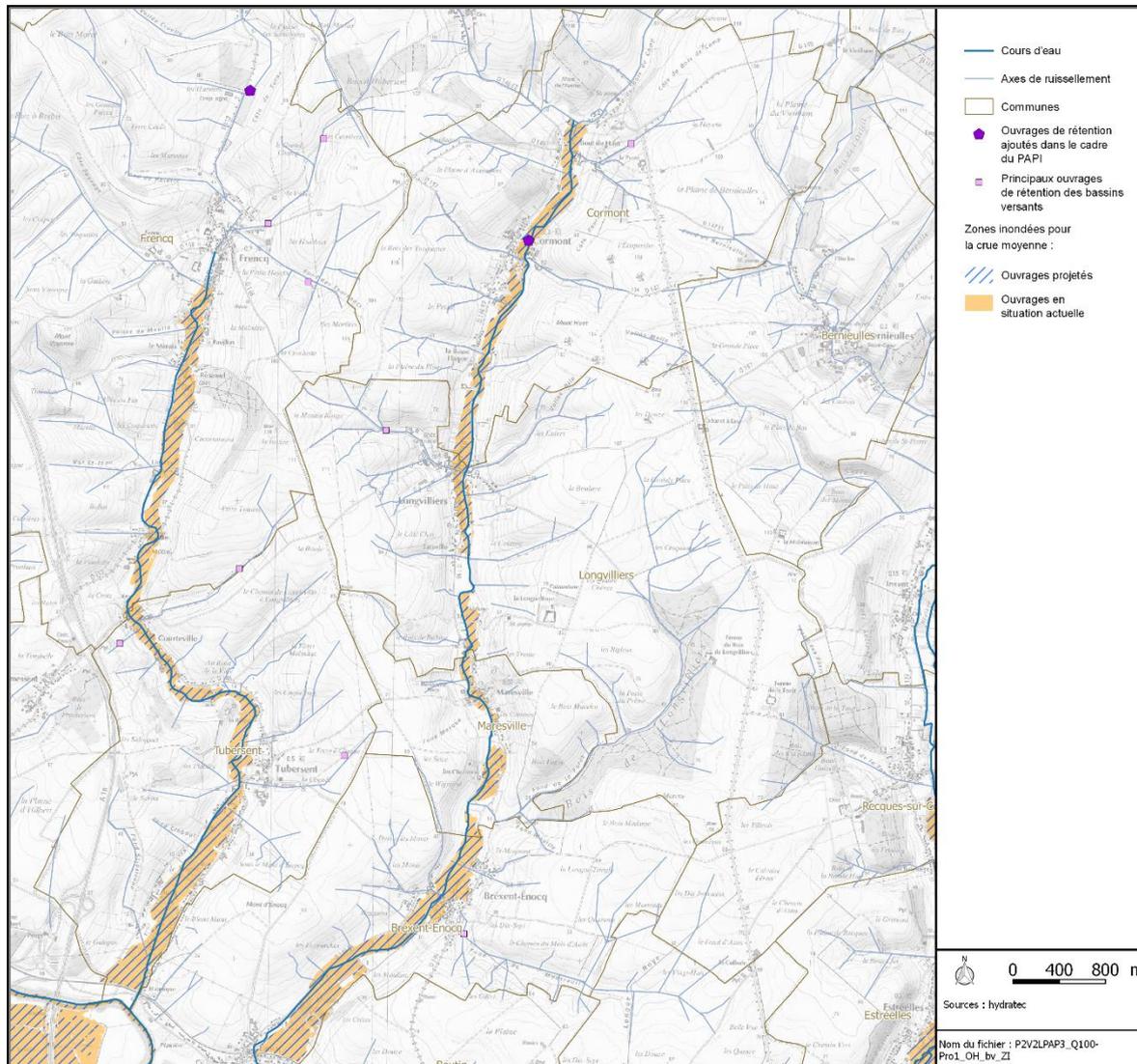


Figure 2-60 : Hui1, Hui2, Do1 et Do2 : Zone inondée avant (orange) /avec les ouvrages de rétention projetés (hachures bleues) - Crue moyenne

Pour les crues fréquente et moyenne, les ouvrages de rétention projetés sur la Dordonne et l'Huitrepin n'ont pas d'influence dans la Canche.

Sur la Dordonne, pour la crue fréquente, les deux ouvrages de rétention étagés génèrent des gains discontinus sur les niveaux d'eau. Ces derniers sont au maximum de 20 cm. Pour la crue moyenne, les gains, bien que plus faibles, sont aussi discontinus. Ils sont généralement compris entre 0 et 10 cm, sauf à Longvilliers où ils atteignent une quinzaine de centimètres.

Sur l'Huitrepin, l'influence des ouvrages sur les niveaux d'eau est continue jusqu'à la confluence avec la Canche. Pour la crue fréquente, les ouvrages créent un abaissement des niveaux d'eau jusqu'à 60 cm. Pour la crue moyenne, les gains sont sensiblement moindres puisqu'ils sont compris entre 0 et 30 cm.

## 2.4 Constitution et coût des aménagements

### 2.4.1 Principes de constitution des ouvrages

#### a) Remblais

Les remblais des ouvrages de rétention sont en terre.

La pente des talus côté amont et aval est de 2/1.

Afin d'assurer la stabilité du parement amont soumis à une variation rapide du niveau d'eau et de protéger le remblai contre les fousseurs, une géogrille tridimensionnelle est disposée sur le parement amont.

Le parement aval est quant à lui recouvert d'un grillage anti-fousseurs.

#### b) Seuils de sécurité

Les seuils de sécurité sont équipés de matelas gabions de 50 cm d'épaisseur disposés sur la largeur des seuils. Afin de limiter les érosions du talus aval et du pied du remblai, un géotextile est disposé sur le parement aval ainsi que sur une longueur de 5 mètres en aval de l'ouvrage. La largeur du géotextile est égale à celle du seuil.

#### c) Ouvrage de fuite

L'ouvrage de fuite est constitué d'une buse ou d'un dalot traversant le remblai. A ses extrémités amont et aval, cet élément est intégré dans un cadre en béton armé permettant d'assurer la jointure avec le remblai.

Une grille est disposée sur le cadre amont.

La figure qui suit présente une coupe type des ouvrages projetés :

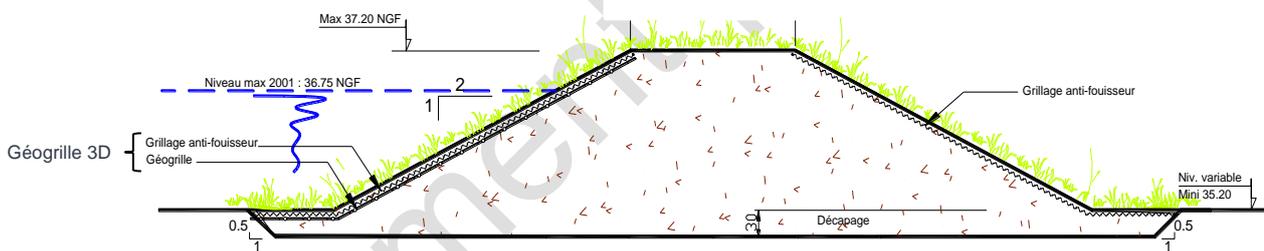


Figure 2-61 : Coupe-type d'un ouvrage de rétention

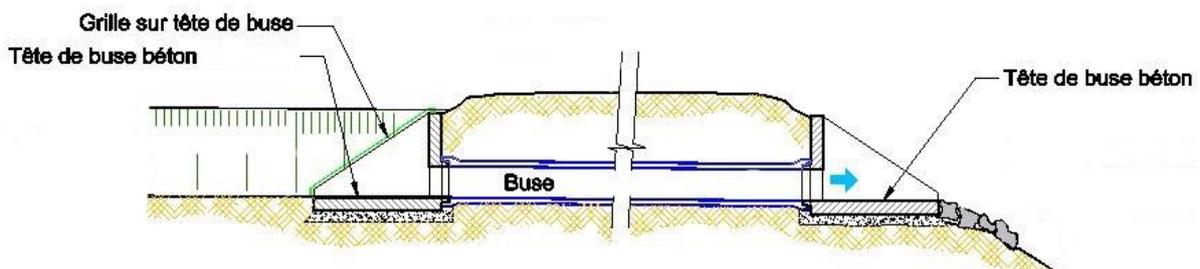


Figure 2-62 : Coupe-type de l'ouvrage de fuite

Le coût des travaux projetés est calculé pour chaque ouvrage selon les quantités de fournitures spécifiques nécessaires. Les coûts unitaires des fournitures sont issus du retour d'expérience de setec hydratec sur des opérations de maîtrise d'œuvre similaires récentes ou en cours de réalisation.

## 2.4.2 Coûts des aménagements

### a) Remblais

Le prix des remblais s'appuie sur un calcul de quantités, notamment sur les volumes de terre mis en œuvre.

Les travaux préparatoires (débroussaillage, déboisement, décapage de la terre végétale) et les terrassements (création des remblais) sont comptabilisés et représentent en moyenne 35% du coût d'investissement des ouvrages.

### b) Ouvrages de génie civil

Le coût de l'ouvrage de fuite (buse ou dalot + cadres en béton) est estimé à 70 000 € par unité.

Les ouvrages de génie civil représentent entre 8 et 25% du coût d'investissement de chaque aménagement.

### c) Protections

Le coût des ouvrages tient compte de diverses protections afin d'éviter les dégradations des remblais et des terrains à proximité immédiate. Les protections prévues sont les suivantes :

- Le matelas en gabions et le géotextile du seuil de sécurité,
- La géogrille tridimensionnelle sur le parement amont,
- Le grillage anti-fouisseur sur le parement aval.

Les protections représentent entre 5 et 10% du coût total de chaque ouvrage.

### d) Finitions

Le prix des aménagements comprend aussi les finitions, à savoir le régalage de la terre végétale et l'ensemencement des remblais.

### e) Autres coûts

Les installations de chantier, études d'exécution et autres prix généraux représentent 5% du coût des travaux.

A ce stade de l'étude, le montant de travaux est augmenté de 15% pour tenir compte des divers non métrés et imprévus.

25% du montant total des travaux est alloué aux études, acquisitions foncières et investigations complémentaires.

### f) Bilan

Le coût d'investissement pour créer les ouvrages de rétention projetés s'élève à près de 3,6 millions d'euros.

Le tableau suivant donne le détail pour les différents postes pour chacun des aménagements projetés :

	Can_am	BB	Hui	Do	TOTAL
Installation de chantier et prix généraux	76 k€	22 k€	48 k€	26 k€	172 k€
Travaux préparatoires et Terrassements	600 k€	162 k€	362 k€	139 k€	1 263 k€
Protections	155 k€	25 k€	64 k€	36 k€	280 k€
Génie civil	140 k€	70 k€	140 k€	140 k€	490 k€
Finitions	135 k€	39 k€	86 k€	38 k€	298 k€
<b>TOTAL</b>	<b>1 106 k€</b>	<b>318 k€</b>	<b>700 k€</b>	<b>379 k€</b>	<b>2 503 k€</b>
<b>Divers non métrés et imprévus (15%)</b>	<b>166 k€</b>	<b>48 k€</b>	<b>105 k€</b>	<b>57 k€</b>	<b>376 k€</b>
<b>TOTAL TRAVAUX (hors foncier, maîtrise d'œuvre et topo)</b>	<b>1 272 k€</b>	<b>366 k€</b>	<b>805 k€</b>	<b>436 k€</b>	<b>2 879 k€</b>
Etudes, foncier, investigations compl... (25%)	318 k€	92 k€	201 k€	109 k€	720 k€
<b>COÛT GLOBAL</b>	<b>1 590 k€</b>	<b>458 k€</b>	<b>1 006 k€</b>	<b>545 k€</b>	<b>3 599 k€</b>

Tableau 2-8 : Coût d'investissement pour chaque aménagement projeté

Les ouvrages sur la Canche amont sont les plus chers du fait qu'il s'agit des ouvrages présentant les volumes de remblais les plus importants à mettre en œuvre.

## 2.5 Analyse Coûts-Bénéfices

### 2.5.1 Calcul du dommage moyen annuel (DMA) et du dommage évité moyen annuel (DEMA)

Le DMA prend en compte les dommages engendrés par toutes les périodes de retour de crues. Il permet d'intégrer les poids relatifs de chaque dommage de crues en fonction de la période de retour. **Le DMA exprime ce que coûte en moyenne par an l'ensemble des crues possibles**, et correspond donc à ce qui devrait être provisionné (il faudrait également intégrer l'actualisation) chaque année pour faire face aux dommages éventuels.

Le DMA correspond à la surface située en dessous de la courbe de dommage exprimé en fonction des périodes de retour de crue (ci-dessous). Autrement dit, pour calculer le DMA on calcule l'intégrale des valeurs de dommage. Celui-ci est calculé en situation actuelle et en situation projetée.

Le Dommage Evité Moyen annuel est ensuite défini comme la différence entre le DMA projeté et actuel.

Le graphique qui suit présente le coût des dommages en fonction de la fréquence de l'évènement en état actuel et projeté pour l'aménagement de l'Huitrepin. A partir de ces coûts sont évalués les DMA projeté et actuel puis le DEMA.

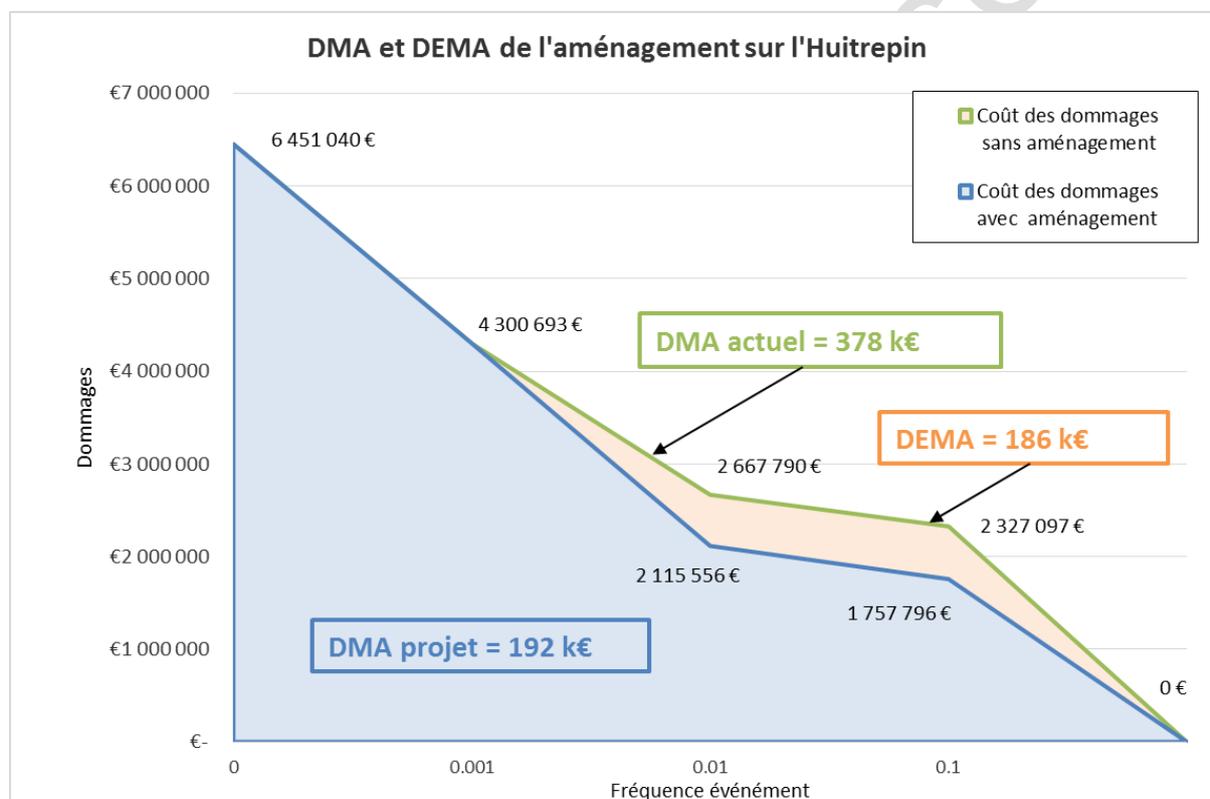


Figure 2-63 : Hui1 et Hui2 : DMA et DEMA pour la création des ouvrages

Le tableau ci-après renseigne sur les DMA actuel et avec les ouvrages projetés ainsi que les DEMA résultant :

Ouvrage	DMA actuel	DMA projet	DEMA
Canche amont (Monchel + St-Georges)	1 211 k€	1 089 k€	122 k€
Bras de Brosne (Aix-en-Issart)	955 k€	758 k€	197 k€
Dordonne (Cormont)	293 k€	250 k€	43 k€
Huitrepin (Frencq)	378 k€	192 k€	186 k€

Tableau 2-9 : DMA et DEMA pour tous les ouvrages de rétention projetés

## 2.5.2 Coûts pris en compte pour l'ACB

L'analyse coûts-bénéfices s'appuie sur le coût d'investissement de chaque ouvrage tel que calculé dans le chapitre précédent.

Un coût d'entretien annuel égal à 2% du prix d'investissement initial de chaque ouvrage est aussi pris en compte.

## 2.5.3 Analyse de la performance économique

### a) Les indicateurs de performance économique

- Valeur actualisée nette (VAN)

A partir du DEMA et des coûts du projet, on peut calculer la valeur actualisée nette (VAN) du projet qui mesure les flux économiques générés par le projet (i.e. les bénéfices moins les coûts). Le montant de la VAN peut s'interpréter comme la quantité de dommages évités et alors économisés par la société, déduction faite des coûts, grâce aux investissements réalisés.

La VAN est calculée comme suit :

$$VAN = B - C = -C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{DEMA - C_i}{(1+r)^i}$$

Avec :

C le coût total actualisé tel que  $C = C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$

$C_0$  les coûts initiaux du projet

$C_i$  les coûts annuels différés à l'année  $i$ ,

DEMA les dommages évités moyens annuels,

$n$  l'horizon temporel de la mesure,

$r$  le taux d'actualisation,

B le bénéfice total actualisé tel que  $B = \sum_{i=1}^n \frac{DEMA}{(1+r)^i}$

- Rapport Bénéfices actualisés sur Coûts actualisés (B/C)

Un autre critère de choix est le ratio des bénéfices totaux actualisés sur les coûts totaux actualisés. Ce ratio peut s'interpréter comme le retour sur investissement de chaque euro investi dans le projet.

### b) Hypothèses de calcul

Les hypothèses de calcul pour réaliser l'analyse sont les suivantes :

- L'analyse économique est effectuée sur un horizon temporel de 50 ans.
- Pour l'ACB, on considère que le temps de retour des premiers dommages est de 5 ans.
- Pour la crue extrême, les dommages en état actuel et pour les différents scénarios sont égaux.
- Il n'y a pas d'évolution des enjeux sur le territoire au cours du temps, et ce pour deux raisons :
  - la zone exposée ne doit pas ouvrir à l'urbanisation,
  - l'approche micro adoptée pour mener l'analyse monétaire des dommages impliquerait nécessairement de pouvoir planifier sur l'horizon temporel la dynamique d'urbanisation du territoire, ce qui n'est actuellement pas réalisable.

Ceci se traduit par un DEMA constant au cours du temps.

Les coûts et les bénéfices qui s'étalent dans le temps sont actualisés, suivant un taux qui suit les recommandations du Commissariat général à la stratégie et à la prospective (2013). Ce taux est égal à 2,5%.

### c) Résultats de l'ACB

Les résultats de l'analyse coût bénéfices des 4 aménagements projetés sont présentés ci-après :

Ouvrage	DEMA	Bénéfices	Coûts	B/C	VAN (à 50 ans)
Canche amont (Monchel + St-Georges)	121 800 €	3 454 200 €	2 491 900 €	139%	962 300 €
Bras de Brosnne (Aix-en-Issart)	176 300 €	4 999 600 €	717 800 €	697%	4 281 800 €
Dordonne (Cormont)	43 000 €	1 219 600 €	854 100 €	143%	365 500 €
Huitrepin (Frencq)	186 100 €	5 279 300 €	1 576 600 €	335%	4 408 700 €

Tableau 2-10 : Résultats de l'ACB pour tous les ouvrages de rétention projetés

Pour chaque ouvrage de rétention projetés, la Valeur actuelle Nette et le ratio Bénéfices sur Coûts montrent que chaque projet est viable économiquement.

#### 2.5.4 Population mise à pieds secs

Pour chaque aménagement, le tableau qui suit indique la population mise à pieds secs grâce à chaque nouvel aménagement pour les événements fréquent et moyen.

Ouvrage	Evènement	Pop. pieds secs
Canche amont (Monchel + St-Georges)	Moyen	204
	Fréquent	80
Bras de Brosnne (Aix-en-Issart)	Moyen	60
	Fréquent	43
Dordonne (Cormont)	Moyen	21
	Fréquent	48
Huitrepin (Frencq)	Moyen	33
	Fréquent	44

Tableau 2-11 : population mise au sec grâce à chacun des ouvrages de rétention projetés

Hormis pour les ouvrages de rétention étagés sur la Dordonne, chaque aménagement permet de mettre à pieds sec plus de 30 personnes pour les scénarios fréquent et moyen. Grâce à l'aménagement sur la Dordonne, plus de 30 personnes sont mises au sec pour la crue de projet (crue fréquente) contre 21 pour le scénario moyen.

En annexe sont présentées les cartes de zones inondées en situation actuelle et avec les ouvrages projetés pour les crues fréquente et moyenne. Sur ces cartes, sont positionnés les logements mis à sec par le projet et ceux qui sont encore inondés dans la zone d'influence des ouvrages.



## 3 Disposition 7-1 : Fiabiliser et optimiser le système d'endiguement de la Basse-vallée

Un premier scénario d'optimisation des digues de la basse vallée a été étudié dans le LPAPI3, correspondant à l'implantation des digues souhaitée par les acteurs locaux.

Il s'agit ici d'en étudier une variante, afin d'éviter la création de nouveaux endiguements en zone tourbeuse ; le linéaire de digues situées en rive gauche au niveau du marais St-Jean est donc restauré en bord de Canche (et non reculé à l'arrière du marais). La zone d'expansion des crues est ainsi réduite de 400 mètres de large, sur près d'un kilomètre par rapport au scénario présenté dans le LPAPI3. De plus, dans le présent scénario, la revanche des seuils de sécurité des digues est optimisée afin de minimiser les hauteurs et donc les coûts des endiguements (cf. 3.2.2).

### 3.1 Principes de dimensionnement

Conformément à la stratégie du PAPI, les endiguements sont dimensionnés pour protéger les enjeux principaux contre :

- l'événement fréquent (période de retour de 30 ans) pour les crues de la Canche,
- l'événement moyen (période de retour de 100 ans) pour les submersions marines.

### 3.2 Définition du scénario d'aménagement à étudier

#### 3.2.1 Implantation des ouvrages

##### a) Endiguements

Ce scénario d'étude correspond à l'implantation des digues souhaitée par les acteurs locaux adapté en fonction des contraintes pédologiques :

- A l'aval de la Basse Vallée, sous influence maritime, les digues restent à leur emplacement actuel.
- Les digues sont reculées dans les terres dans la partie sous influence continentale, ce qui induit le déplacement des portes à la mer et pompes existantes.
- Le long du Marais Saint-Jean, en rive gauche de la Canche, le tracé des digues est inchangé de façon à ne pas les implanter sur un sol tourbeux.
- L'ensemble des caractéristiques des ouvrages est modifié pour satisfaire les principes de dimensionnement exposés au paragraphe précédent.

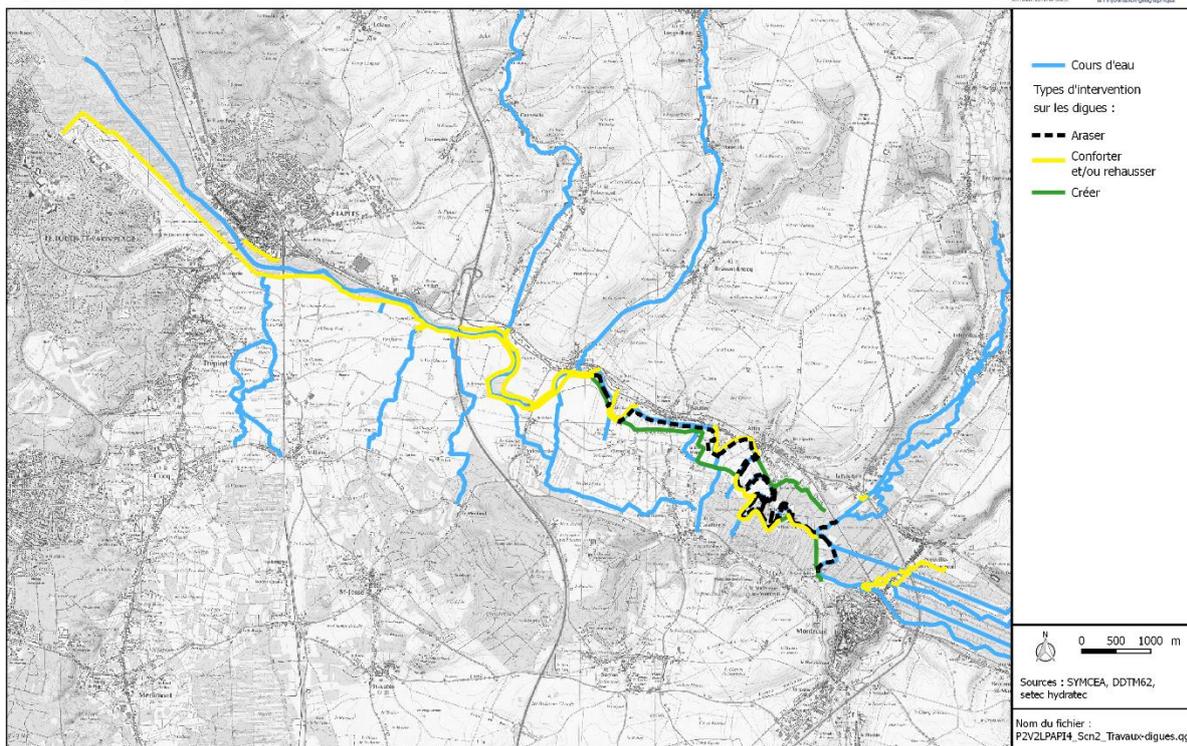


Figure 3-1 : Digues de la basse vallée – Second scénario modélisé

### b) Seuils de sécurité

Les seuils de sécurité sont positionnés de façon à être dans la partie de la Basse-vallée sous influence continentale (en amont du pont de Beutin) et le plus en aval possible de chaque zone protégée. Ils sont disposés sur les digues ne résistant pas à la surverse, dont la cote d'arase correspond au niveau d'une crue centennale de la Canche. Ils sont placés au plus loin des enjeux présents en zone protégée, vers un point bas.

En rive gauche, le seuil de sécurité (Seuil RG) est positionné entre la Calotterie et la Hayette (cf. localisation figure suivante).

En rive droite, deux seuils de sécurité sont prévus. Le premier se situe rue du Marais à Attin (Seuil RD1), le second est disposé dans la partie aval du méandre de la Mollière à Attin (Seuil RD2).

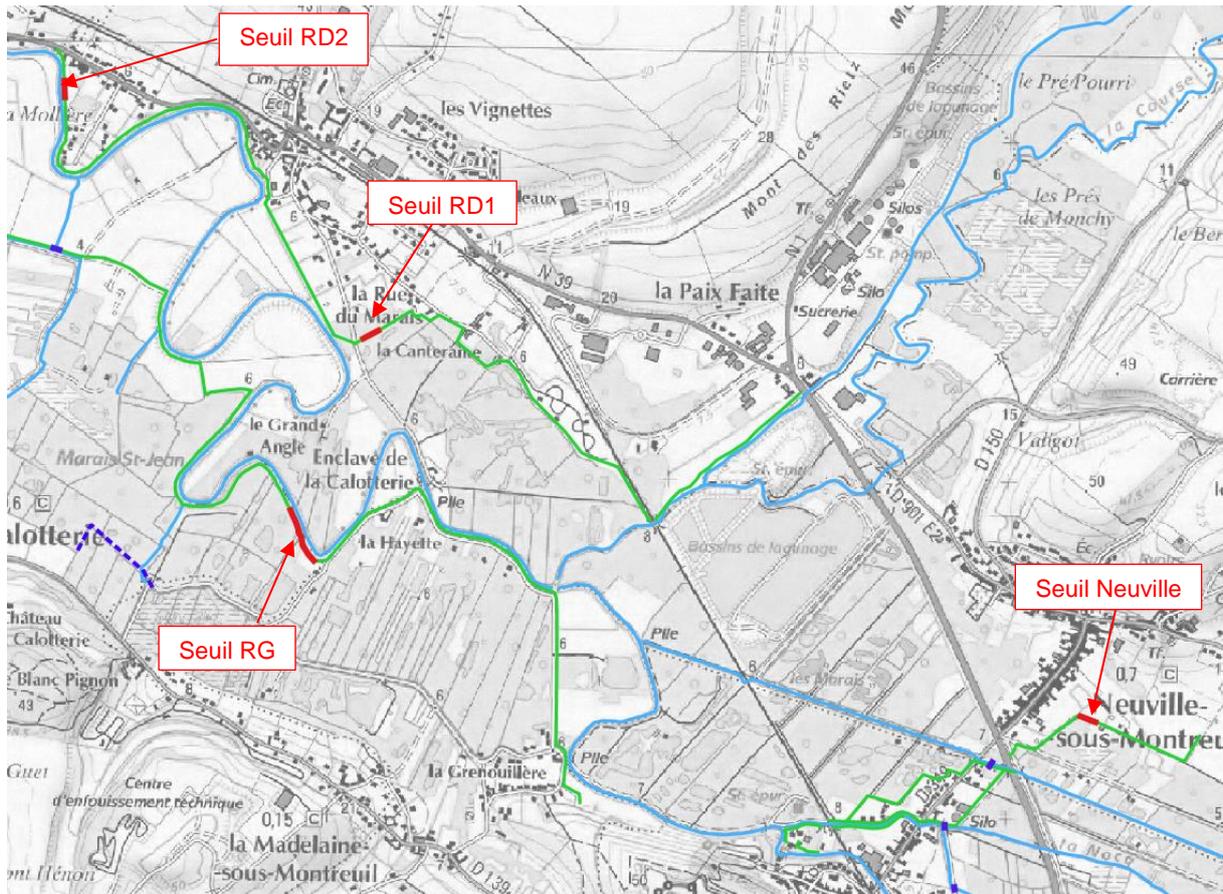


Figure 3-2 : Localisation des seuils de sécurité

Un système d'alerte adapté sera à définir pour signaler à la population d'évacuer la zone protégée lorsque l'activation des seuils de sécurité est imminente.

### c) Autres ouvrages

Des portes à la mer sont créées sur les bras parallèles à la Canche au niveau de Montreuil, pour éviter que l'influence de la marée ne remonte dans le marais de la Chartreuse notamment.

Afin d'améliorer le transfert des eaux vers l'aval dans le lit majeur rive gauche, deux fossés de décharge sont créés. Ils servent notamment à accélérer le ressuyage de la zone protégée.

Le premier correspond à une prolongation de la tringue de la Calotterie en amont, vers le marais Saint-Jean.

Le second fossé de décharge, long de 700 m, relie la tringue en aval du hameau d'Hurtebise à la tringue de Moulinel

## 3.2.2 Dimensionnement hydraulique des ouvrages

### a) Crête des digues

Le niveau de protection retenu pour la Basse-vallée correspondant au niveau le plus haut entre le niveau marin centennal et le niveau de la crue fréquente continentale.

Pour les digues sous influence maritime (niveau marin centennal supérieur au niveau de la crue fréquente), la crête des digues correspond au niveau marin centennal augmenté d'une revanche de 50 cm.

→ La crête des digues est alors 10 cm au-dessus du niveau marin centennal avec changement climatique (CC)



Pour les digues sous influence continentale (niveau marin centennal inférieur au niveau de la crue fréquente), selon les tronçons, deux types d'ouvrages sont proposés :

- Digues équipées de seuils de sécurité contrôlant la surverse pour les événements supérieurs à la crue fréquente et jusqu'à la crue moyenne.  
La crête des digues correspond au niveau atteint par la crue moyenne.  
Les seuils de sécurité permettent de concentrer le débordement dans un secteur comportant peu d'enjeux. Ils servent à retarder la surverse sur l'ensemble de la digue afin de limiter les dommages sur les ouvrages. Ce type de digues représente près de 90% des digues projetées sous influence continentale.
- Digues submersibles en crête pour un niveau d'eau supérieur au niveau de la crue fréquente  
La crête des digues correspond au niveau atteint par la crue fréquente avec une revanche de 5 cm.  
Ce type d'ouvrage est retenu lorsque la digue protège une zone à enjeux diffus, et que ces derniers sont situés à une distance de la digue inférieure à 50 fois la hauteur de l'ouvrage.  
Bien que nécessitant des dispositions constructives particulières, ces digues submersibles sont sensiblement moins onéreuses que les ouvrages insubmersibles pour la crue moyenne.

La carte de la Figure 3-3 présente les différents types de digues retenus selon les tronçons.

#### **b) Seuils de sécurité**

Les seuils de sécurité sont dimensionnés selon les critères suivant :

- La cote du seuil est calée à la cote de la crue fréquente de la Canche augmentée de 5 cm ;
- La largeur du seuil est calculée pour que la surverse lors de la crue moyenne se fasse sous 50 cm de lame d'eau maximum, avec des vitesses inférieures à 1,5 m/s sur le seuil.

Les longueurs des seuils de sécurité sont les suivantes :

- Seuil en rive gauche (seuil RG) : 220 m
- Seuil en rive droite rue du Marais à Attin (seuil RD1) : 10 m
- Seuil en rive droite à La Mollière à Attin (seuil RD2) : 10 m.

#### **c) Portes à la mer et pompes déplacées ou créées**

Les deux portes à marée déplacées conservent leurs dimensions actuelles.

Trois portes à marée sont créées en amont de Montreuil. Leur section de passage correspond à la section du cours d'eau qu'elles intersectent.

L'emplacement de ces cinq portes est indiqué sur la Figure 3-3.

#### **d) Fossés de décharge**

Les fossés de décharge sont en terre, de section trapézoïdale, profond de 2 m. Leur largeur en fond est de 2 mètres et celle en crête est de 6 m.

#### **e) Système de protection de la Basse-vallée proposé**

Le système d'endiguement projeté dans la Basse-vallée comprend 26 kilomètres de digues.

21,2 km digues sont à remplacer. Ils se répartissent de la façon suivante :

- Digues dites submersibles = 2 km
- Digues équipées de déversoirs = 19,2 km

Hormis la digue de l'Aéroport, étant donné l'état général des digues et leur conception empirique, il a été considéré économiquement préférable de recréer une nouvelle digue à côté de la digue existante plutôt que de restaurer cette dernière. Ainsi, l'intégralité des digues en amont du pont d'Etaples sont à remplacer. Cela permet par ailleurs d'éloigner légèrement les digues des berges de la Canche, et ainsi limiter les risques d'affouillement.



5,3 km de digues sont à créer sur un nouveau tracé. Leur répartition est la suivante :

- Digues dites submersibles = 0,4 km
- Digues équipées d'un déversoir = 4,9 km.

22,6 km de digues sont à araser.

En l'absence de digue, les prairies situées en lit majeur seront inondées moins de 1 fois par an, comme souhaité par les acteurs locaux.

La figure qui suit présente les aménagements projetés dans la Basse-vallée de la Canche :

Document provisoire

Digues de la basse-vallée - Second scénario modélisé  
Types de travaux envisagés

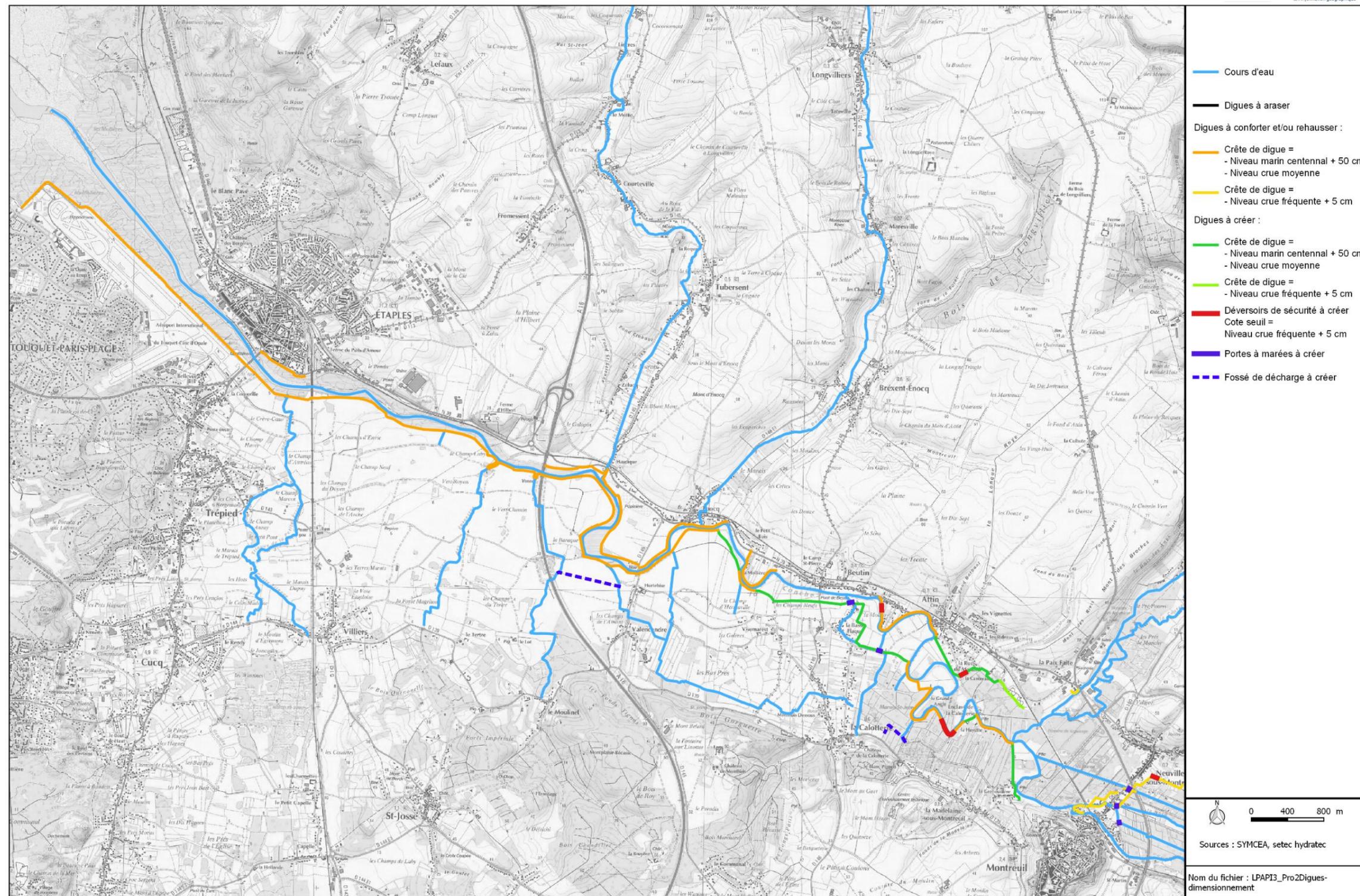


Figure 3-3 : Digues de la basse vallée – Scénario modélisé



### 3.3 Impact hydraulique du système d'endiguement étudié

L'impact de l'aménagement sur les profils en long de la crue fréquente et de la crue de décembre 1999 est indiqué sur le graphe ci-après.

Les cartes qui suivent présentent l'impact sur les niveaux d'eau dans le lit majeur et sur les zones inondables pour les crues fréquente et moyenne.

Par définition, pour la crue fréquente, l'ensemble des zones protégées par les endiguements est hors d'eau, sauf les abords de la tringue en amont de la Calotterie, qui déborde sur 5 hectares. Les eaux de la tringue ne peuvent pas s'évacuer vers la Canche car pour cet événement, le niveau d'eau dans la rivière est toujours supérieur à celui de la zone protégée ; la porte à marée reste donc constamment fermée, ce qui induit le débordement.

Pour la crue moyenne, les seuils de sécurité sont actifs. La zone protégée par les digues se remplit, mais moins qu'en situation actuelle. Les niveaux d'eau sont réduits de 20 à 50 cm en zone protégée pour cet événement (il est considéré qu'il n'y a plus formation de brèche en situation projet).

Le tableau qui suit indique les écarts de cote dans la Basse-vallée entre les deux scénarios de déplacement des digues modélisés ; celui présenté ci-dessus et celui présenté dans le rapport LPAPI3. Une valeur positive signifie que le niveau d'eau est plus haut dans le scénario présenté ici.

	Ecart de cote atteinte (cm)	
	Crue fréquente	Crue moyenne
Marais en amont de Montreuil	- 21 cm	- 5 cm
Confluence de la Course et de la Canche	+ 12 cm	+ 8 cm
Au pont de Beutin	+ 10 cm	+ 6 cm
Confluence de la Dordonne et de la Canche	+ 6 cm	+ 4 cm
Confluence de l'Huitrepin et de la Canche	+ 1 cm	0 cm

Tableau 3-1 : *Écarts de cotes atteintes dans la Basse-vallée entre les 2 scénarios de digues modélisés*

Le fait de conserver des digues proches du lit mineur au niveau du marais Saint-Jean génère des niveaux d'eau plus hauts dans la Basse-vallée que dans le scénario où les digues sont recrées au Sud du marais. L'élévation est moins marquée pour la crue moyenne puisque la zone protégée est inondée ce qui limite l'impact hydraulique du rapprochement des digues du lit mineur.

En amont de Montreuil, le second scénario modélisé présente des hauteurs d'eau plus faibles, car la section des portes à marée a été modifiée entre les deux modélisations. Ce résultat n'est donc pas lié à la modification de tracé des digues.

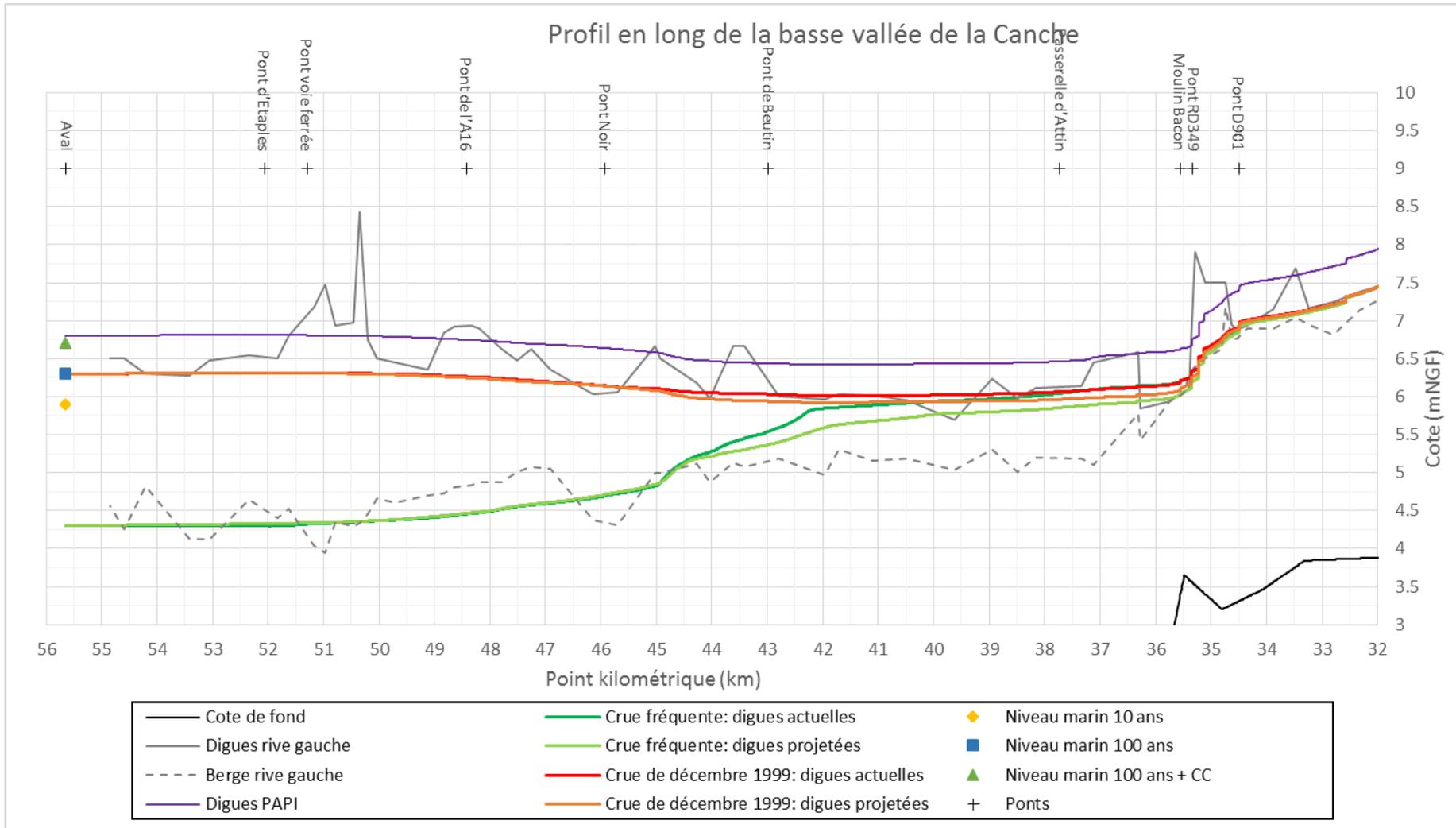
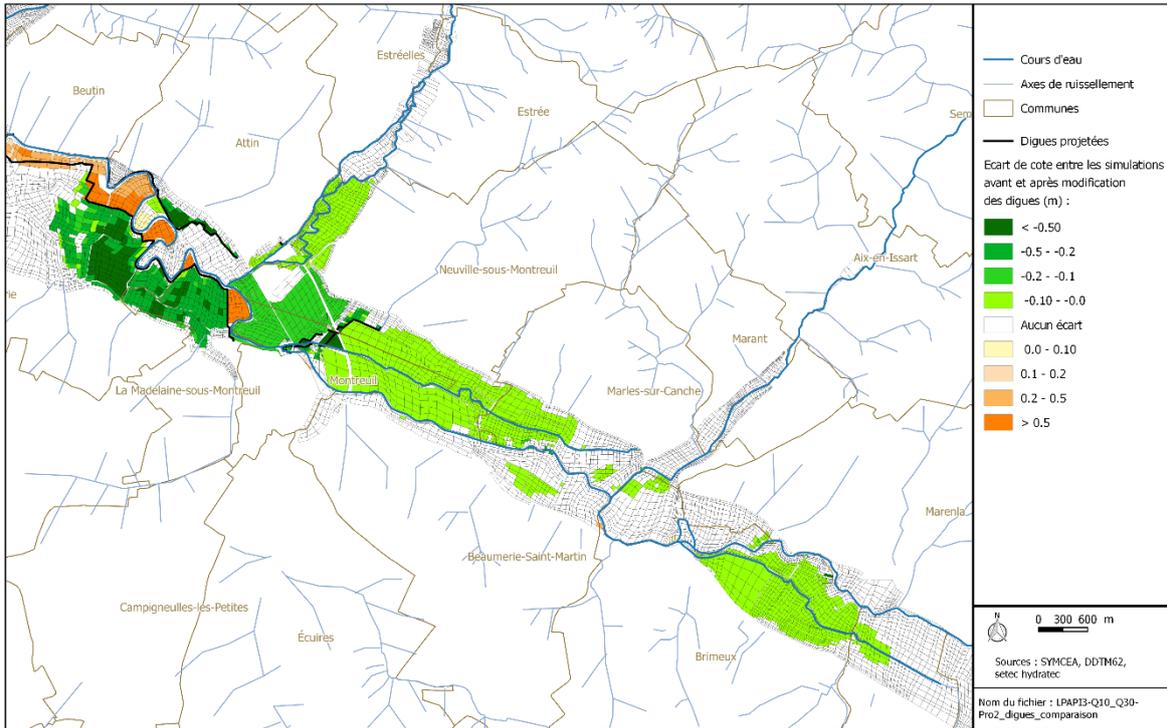


Figure 3-4 : Profil en long de la Canche en aval de Montreuil avant et après modification des digues de la Basse-vallée

Ecart de cote avec les digues projetées par rapport à la situation actuelle pour la crue fréquente - Basse-vallée (1/2)



Ecart de cote avec les digues projetées par rapport à la situation actuelle pour la crue fréquente - Basse-vallée (2/2)

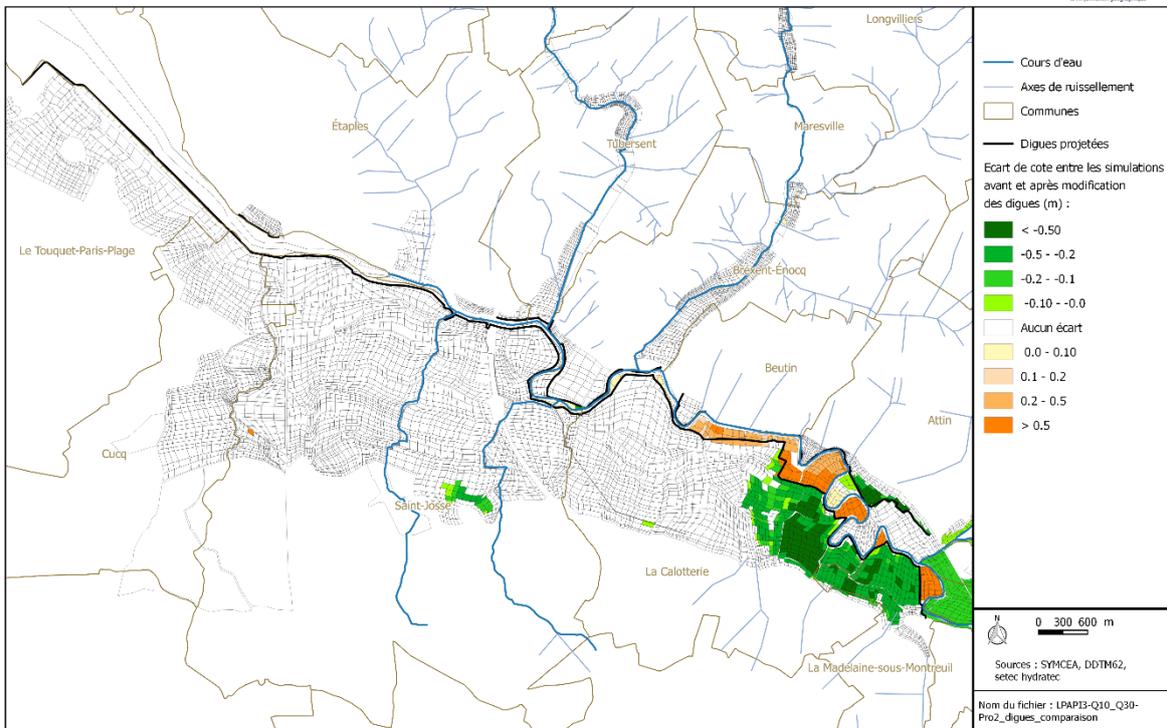
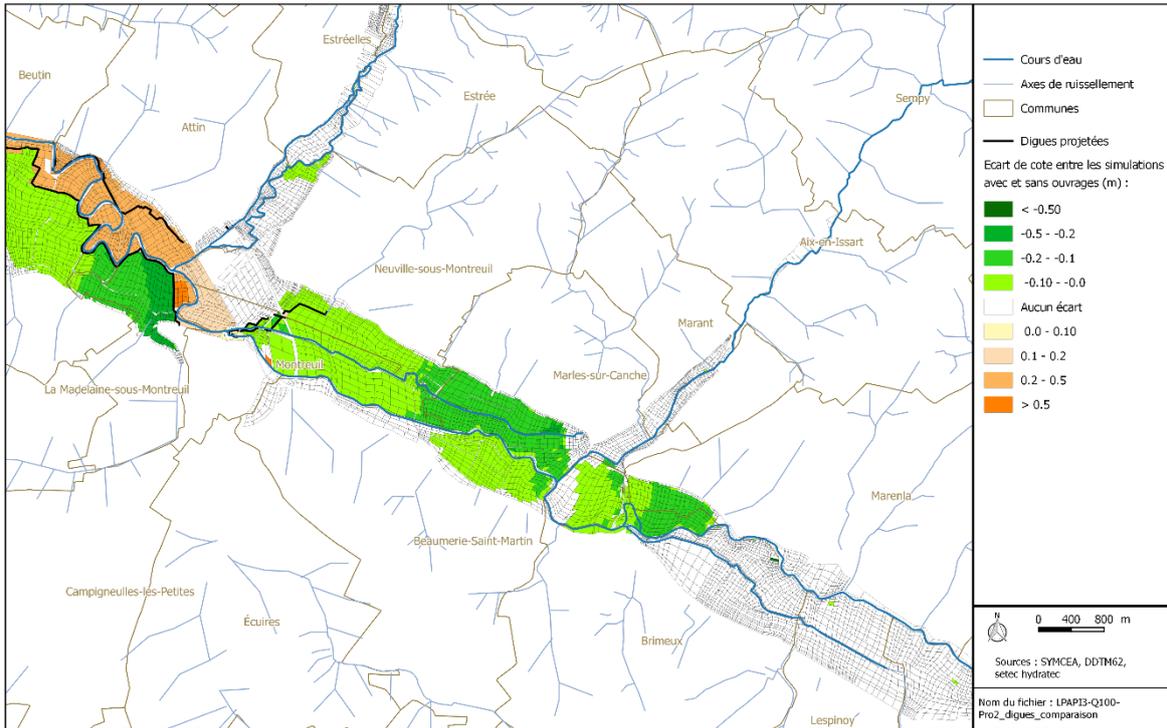


Figure 3-5 : Impact des digues projetées pour la crue fréquente

Ecart de cote avec les digues projetées par rapport à la situation actuelle pour la crue moyenne - Basse-vallée (1/2)



Ecart de cote avec les digues projetées par rapport à la situation actuelle pour la crue moyenne - Basse-vallée (2/2)

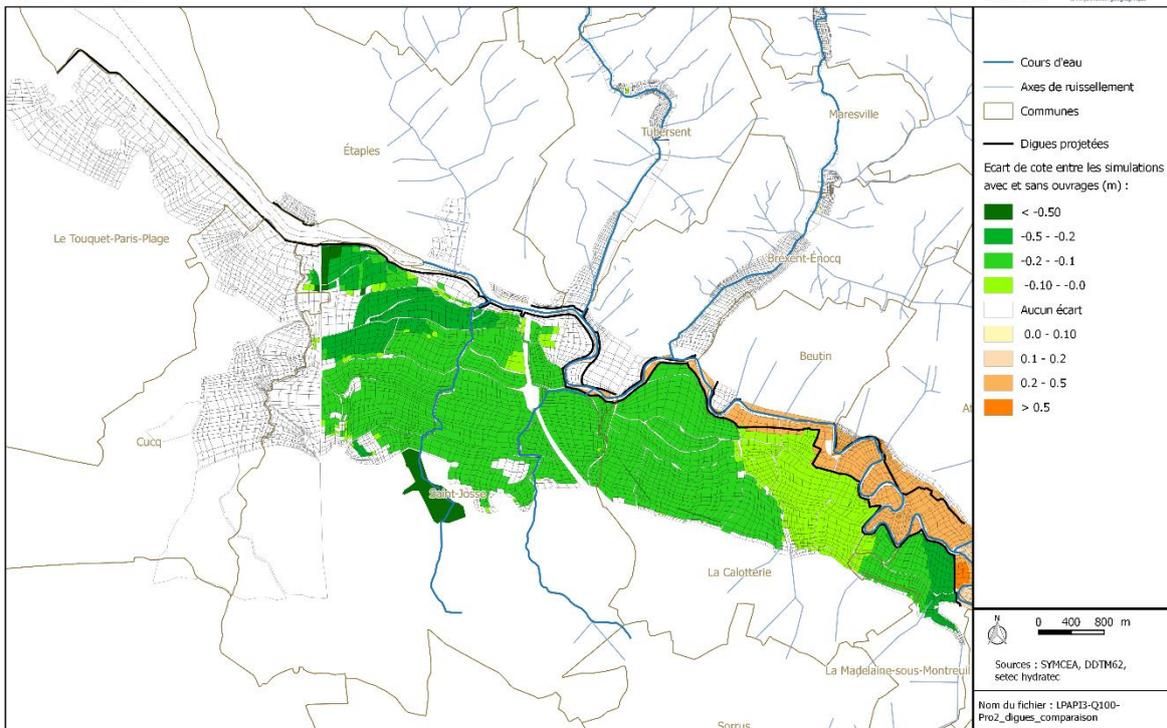


Figure 3-6 : Impact des digues projetées pour la crue moyenne

Zones inondées avec les digues projetées du PAPI et en situation actuelle pour la crue fréquente (1/2)

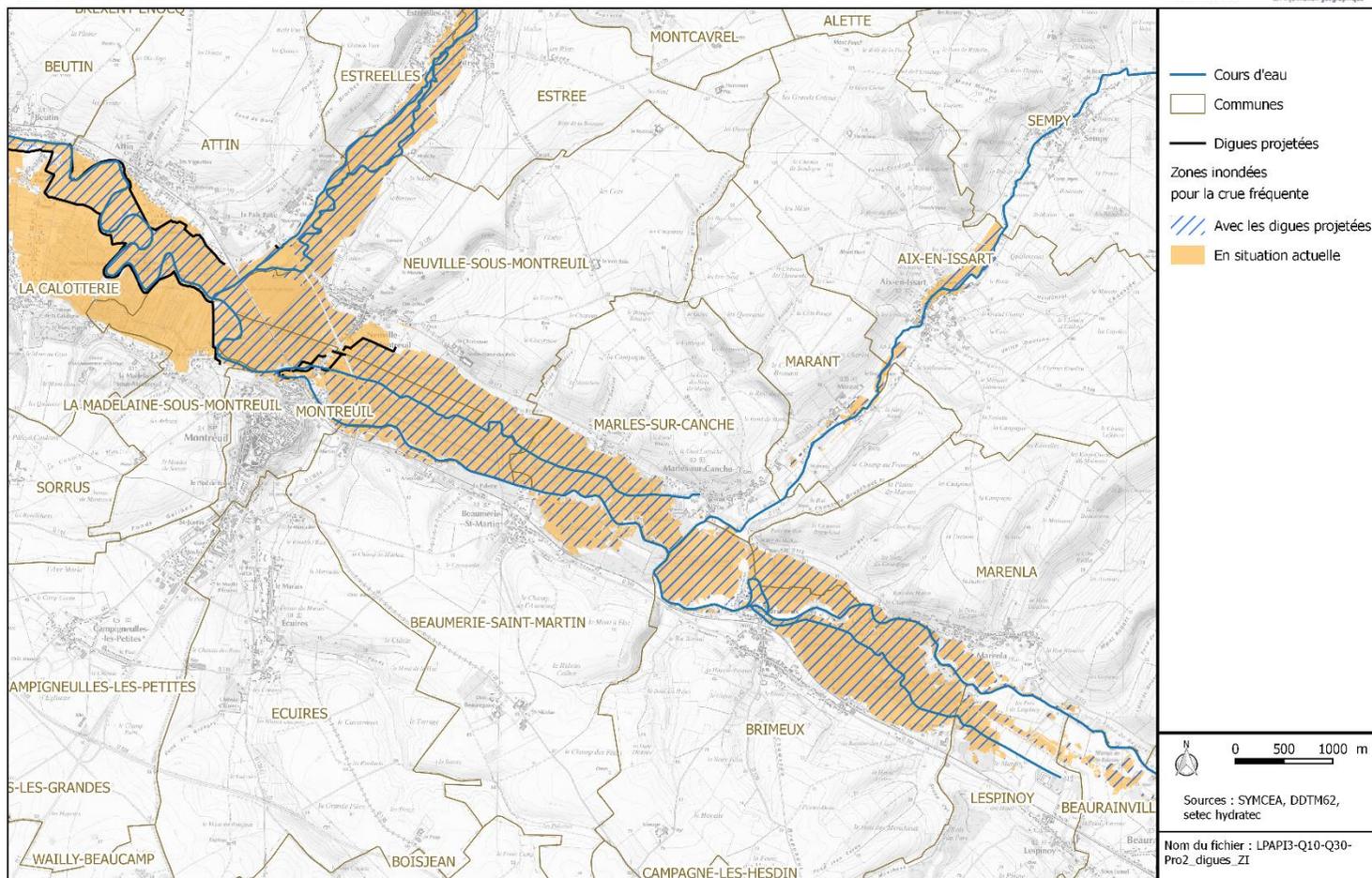


Figure 3-7 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) modification des digues  
Crue fréquente (1/2)

Zones inondées avec les digues projetées du PAPI et en situation actuelle pour la crue fréquente (2/2)

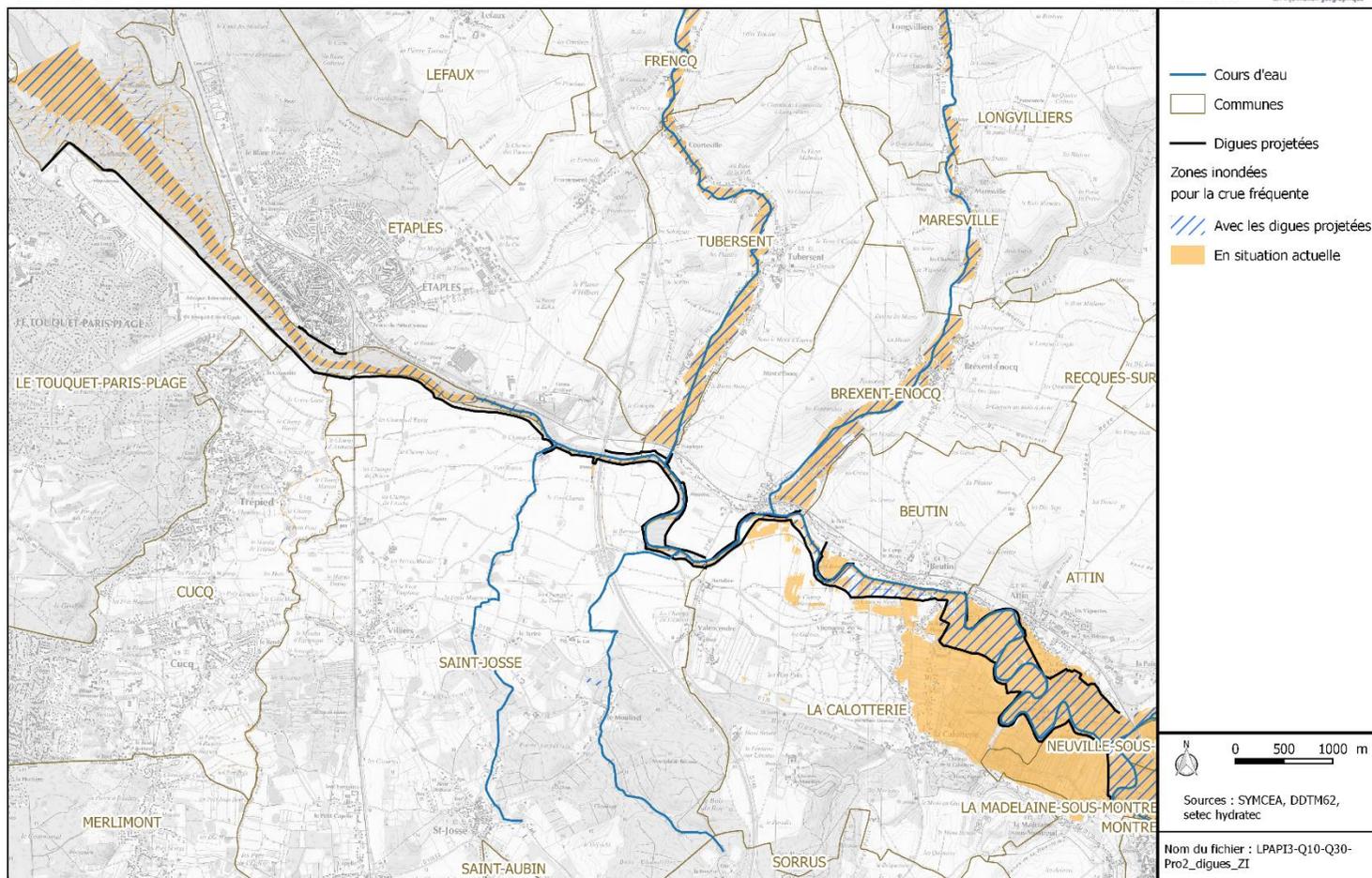
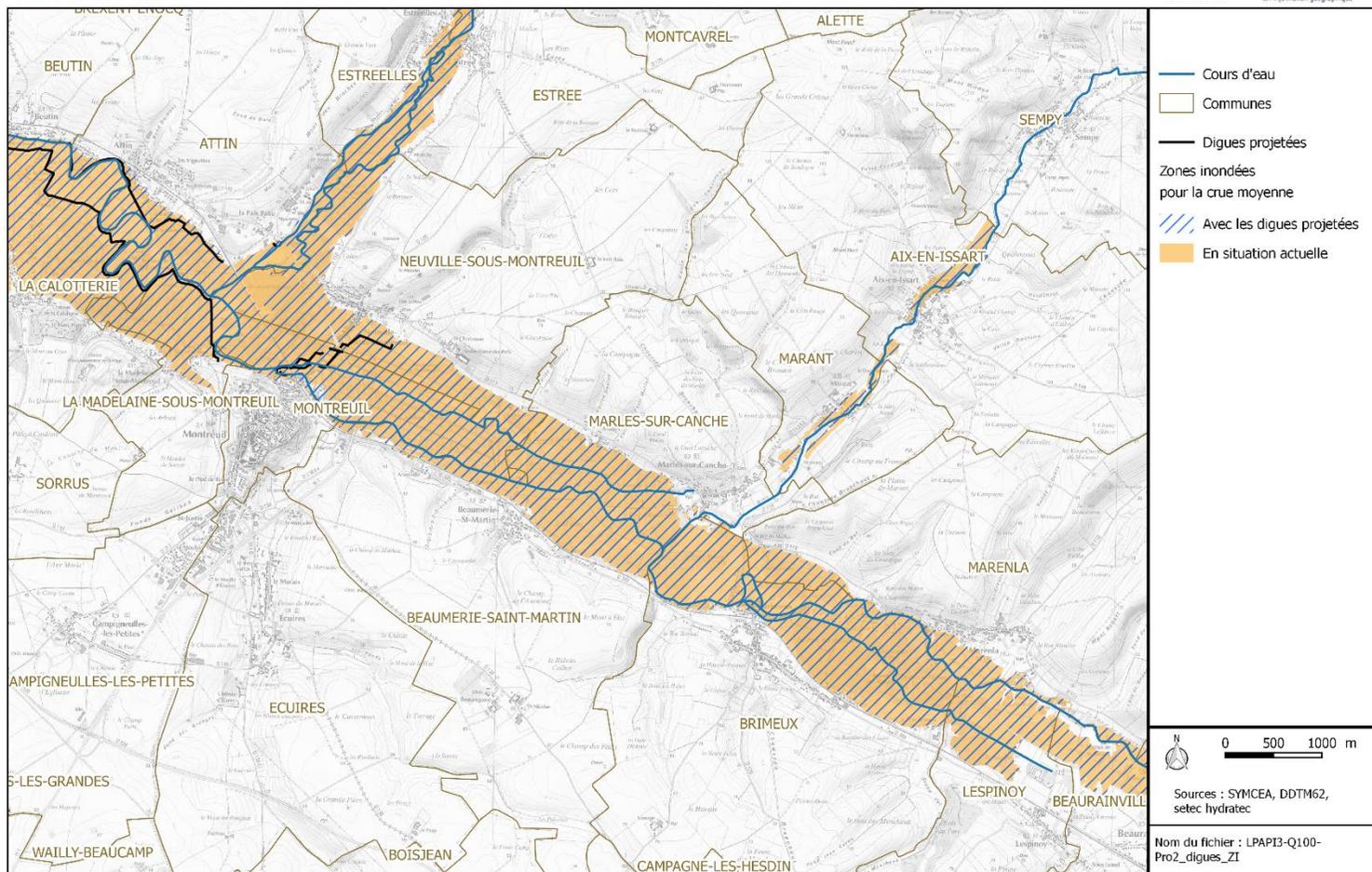


Figure 3-8 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) modification des digues  
Cruve fréquente (2/2)

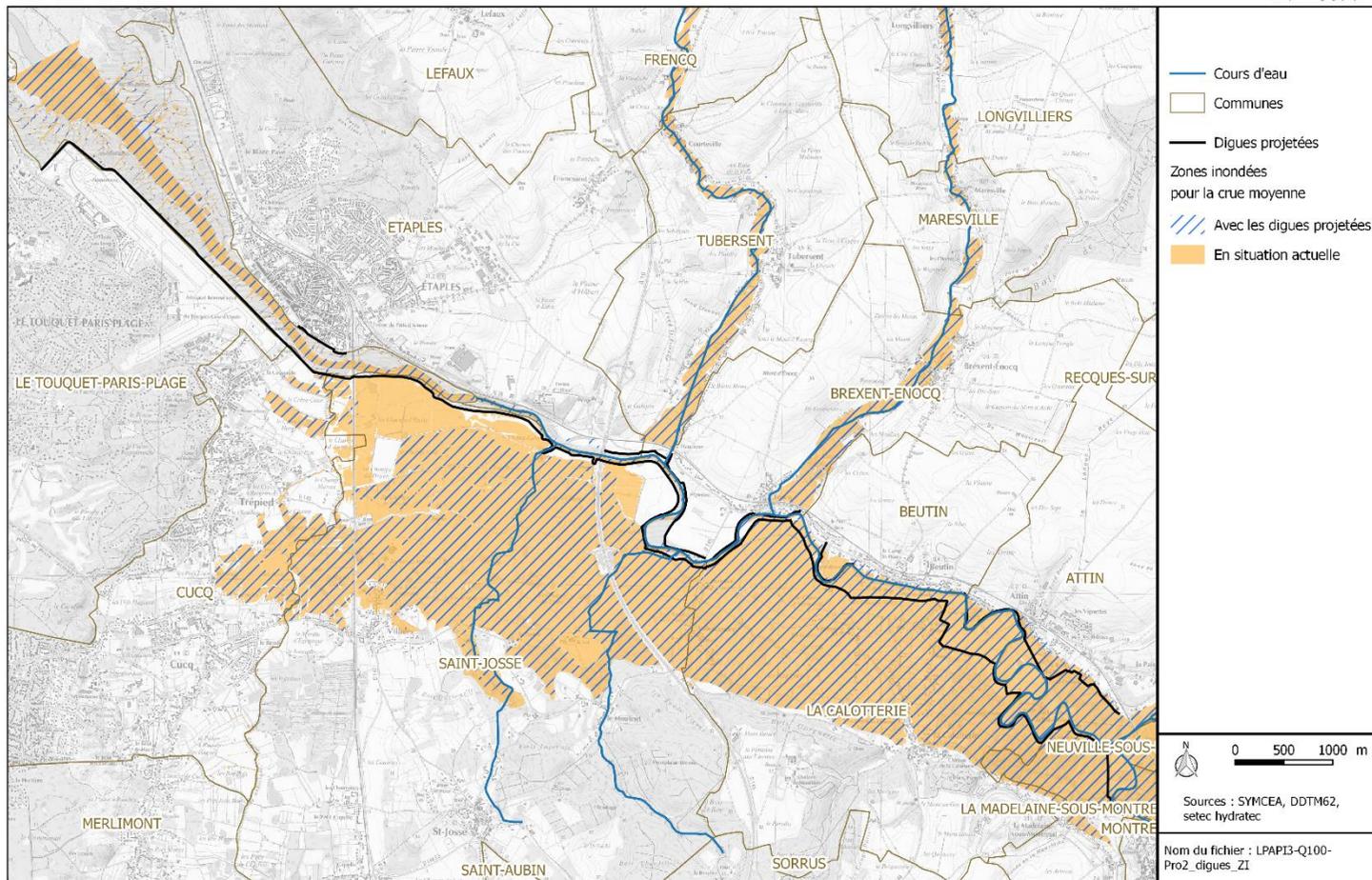
Zones inondées avec les digues projetées du PAPI et en situation actuelle pour la crue moyenne (1/2)



Conception et réalisation : Symcéa, DDTM 62, setec hydratec © - © IGN Scam25 - 2014 - 163570173 - Copies et reproductions interdites.

Figure 3-9 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) modification des digues  
 Crue moyenne (1/2)

Zones inondées avec les digues projetées du PAPI et en situation actuelle pour la crue moyenne (2/2)



Conception et réalisation : Symcéa, DDTM 62, setec hydratec © - © IGM Scan25 - 2014 - 163701173 - Copies et reproductions interdites

Figure 3-10 : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) modification des digues  
 Crue moyenne (2/2)



### 3.4 Constitution et coût des aménagements

#### 3.4.1 Dispositions constructives

##### a) Matériaux mis en œuvre et constitution des digues

Hormis la digue de l'Aéroport, il est estimé que la nature des matériaux constitutifs des digues ne permet pas d'assurer une stabilité et étanchéité suffisante des digues. Ainsi, les digues à remplacer sont reconstruites avec des matériaux d'apport à côté des existantes.

Comme l'a montré le diagnostic visuel des digues, réalisé en juillet et septembre 2017 où de nombreux terriers dans les ouvrages ont été relevés, il est nécessaire de protéger intégralement les digues contre les intrusions des fousseurs. Une géogrille tridimensionnelle est disposée sur les parements amont des digues insubmersibles et sur les parements amont, aval et sur la crête des ouvrages submersibles. Elle permet d'accroître la stabilité du talus en contact avec un écoulement et d'assurer la protection contre les fousseurs. Il est aussi projeté de recouvrir les parements côté zone protégée des digues insubmersibles par du grillage anti-fousseurs.

Pour la finition, les digues sont recouvertes de terre végétale et ensemencées.

##### b) Talus des digues

Le fruit du talus côté rivière est de 2/1.

Celui du talus côté zone protégée est fixé à 2/1 pour les digues équipées de déversoirs et 3/1 pour les ouvrages submersibles.

##### c) Seuils

Les seuils de sécurité sont équipés de matelas gabions de 50 cm d'épaisseur. Afin de limiter les érosions du talus côté zone protégée et du pied de digue, un géotextile est disposé sur le parement aval ainsi que sur une longueur de 5 mètres en aval de l'ouvrage. La largeur du géotextile est égale à celle du seuil.

#### 3.4.2 Coût des aménagements

Comme pour les ouvrages de rétention projetés, le coût des aménagements projetés sont issus du retour d'expérience de setec hydratec sur des opérations de maîtrise d'œuvre similaires récentes ou en cours de réalisation.

##### a) Digues

Le prix des digues projetées s'appuie sur un calcul de quantités, notamment sur les volumes de déblais et remblais mis en œuvre lors de l'arasement des digues existantes et la création des nouvelles.

Les travaux préparatoires (débroussaillage, déboisement, décapage de la terre végétale) et les terrassements (arasement des digues existantes et création des nouvelles) sont inclus et représentent 40% du coût d'investissement total.

##### b) Ouvrages de génie civil

La création d'une porte à marée est estimée à 70 000€ par unité.

L'ouvrage de décharge du pont de Beutin en rive gauche de la Canche est chiffré à 50 000€.

La réfection du perré en béton et du mur de la digue Billiet s'élève à 250 000€.

Les ouvrages de génie civil représentent 2% du coût d'investissement total.

##### c) Autres coûts

De façon similaire aux ouvrages de rétention projetés, les coûts suivant sont aussi pris en compte :

- Protections des remblais,

- Finitions,
- Installations de chantier, études d'exécution et autres prix généraux représentant 5% du coût des travaux,
- Divers non métrés et imprévus s'élevant à 15% du montant de travaux,
- Etudes, acquisitions foncières et investigations complémentaires à la hauteur de 25% du montant total des travaux.

#### d) Bilan

Le coût d'investissement pour le projet d'endiguement de la Basse-vallée de la Canche s'élève à près de 30 millions d'euros.

Le tableau suivant donne le détail pour les différents postes :

	Digues de la Basse-vallée
<i>Installation de chantier et prix généraux</i>	1 433 k€
<i>Travaux préparatoires et Terrassements</i>	12 825 k€
<i>Protections</i>	1 968 k€
<i>Génie civil</i>	728 k€
<i>Finitions</i>	3 713 k€
<b>TOTAL</b>	20 757 k€
<b>Divers non métrés et imprévus (15%)</b>	3 114 k€
<b>TOTAL TRAVAUX (hors foncier, maîtrise d'œuvre et topo)</b>	23 871 k€
Etudes, foncier, investigations compl... (25%)	5 970 k€
<b>COÛT GLOBAL</b>	<b>29 841 k€</b>

Tableau 3-2 : Coût d'investissement pour le projet d'endiguement de la Basse-vallée

Le coût du mètre linéaire de digues projetées s'élève à 1100€. Ce montant est conforme au retour d'expérience de setec hydratec pour la création et réfection de tels aménagements.

### 3.5 Analyse Coûts-Bénéfices

Afin de déterminer l'acceptabilité du projet de fiabilisation et d'optimisation du système d'endiguement de la Basse-vallée vis-à-vis du PAPI, une analyse coûts-bénéfices est réalisée.

#### 3.5.1 Calcul du dommage moyen annuel (DMA) et du dommage évité moyen annuel (DEMA)

Le dommage moyen annuel (DMA) est calculé en l'état actuel et à l'état projet afin d'obtenir le dommage évité moyen annuel du projet d'endiguement.

Du fait du mauvais état des ouvrages, il est considéré en l'état actuel les scénarios S4 pour la crue fréquente, S2 pour la crue moyenne et S5 pour la crue extrême. Ces scénarios correspondent à l'absence d'ouvrage ou à la rupture de ceux-ci lors de crues continentales ou de submersions marines. Ce choix tend à maximiser les dommages en situation actuelle mais est en accord avec les observations de terrain.

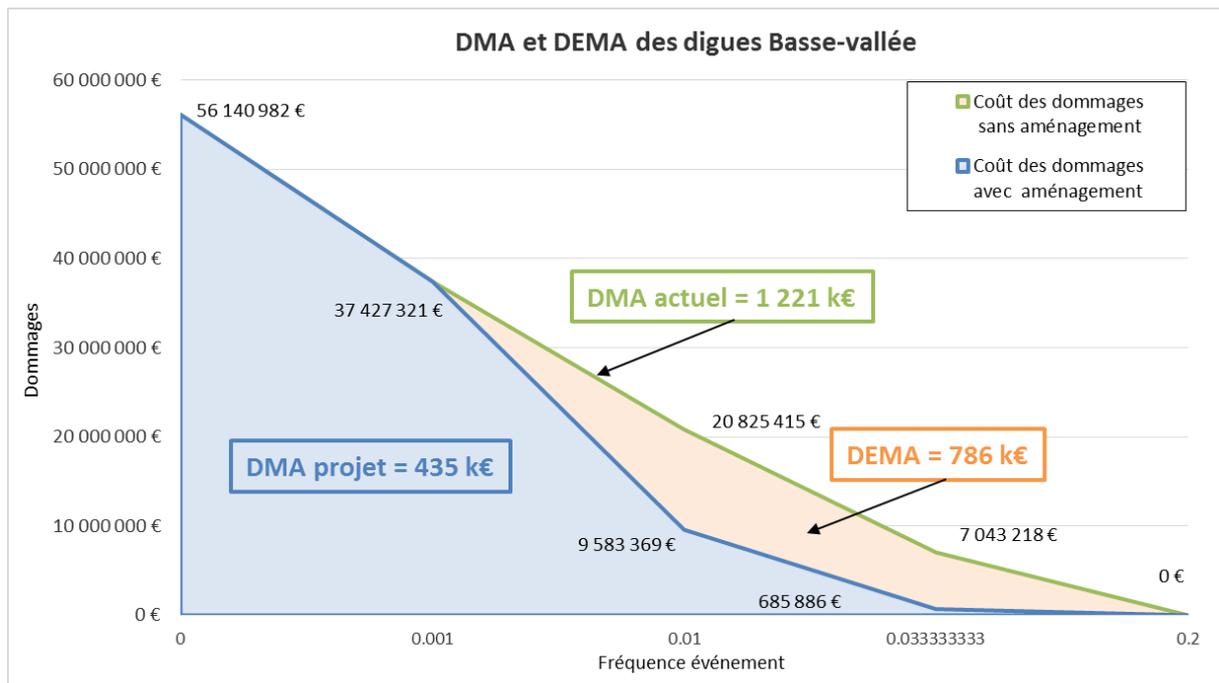


Figure 3-11 : DMA et DEMA pour le projet d'endiguement de la Basse-vallée

Le Dommage Moyen annuel est de 1 221 k€ à l'état actuel et de 435 k€ à l'état projet.

Le Dommage Evité Moyen Annuel pour le territoire est de **786 k€**.

### 3.5.2 Coûts pris en compte pour l'ACB

Comme pour les ouvrages de rétention, l'analyse coûts-bénéfices s'appuie sur le coût d'investissement de chaque ouvrage tel que calculé dans le chapitre précédent ainsi que sur le coût d'entretien annuel égal à 2% du prix d'investissement initial.

### 3.5.3 Analyse de la performance économique

#### a) Hypothèses de calcul

Les hypothèses de calcul faites pour les ACB des ouvrages de rétention projetés sont toujours valables ici.

A celles-ci s'ajoute que la situation initiale prend en compte l'état dégradé des digues, ce qui revient à considérer plusieurs brèches le long du linéaire et/ou l'absence de digues.

#### b) Résultats de l'ACB

Les résultats de l'analyse coûts-bénéfices des 4 aménagements projetés sont présentés ci-après :

DMA actuel	DMA projet	DEMA	Bénéfices	Coûts
1 221 k€	435 k€	786 k€	22 284 k€	46 768 k€

Tableau 3-3 : Analyse coûts-bénéfices du projet d'endiguement de la Basse-vallée

Les indicateurs permettant de calculer l'efficacité du projet d'endiguement :

B/C	VAN
0.48	-24 484 k€

Tableau 3-4 : Indicateurs d'efficacité du projet d'endiguement de la Basse-vallée

Le ratio B/C et la VAN montrent que le projet d'endiguement n'est pas viable économiquement.

### c) Tests de sensibilité sur la crue des premiers dommages

- Test de sensibilité sur la crue des premiers dommages

Le tableau ci-après présente la sensibilité de l'ACB à la crue de premiers dommages :

Période de retour de la crue des premiers dommages	DEMA	Bénéfices	Coûts	B/C	VAN (à 50 ans)
2 ans	2 114 k€	59 959 k€	46 800 k€	1.28	13 191 k€
5 ans	1 160 k€	32 912 k€	46 800 k€	0.70	-13 900 k€
8 ans	922 k€	26 151 k€	46 800 k€	0.56	-20 617 k€

Tableau 3-5 : Test de sensibilité sur la crue de premiers dommages pour l'ACB du projet d'endiguement de la Basse-vallée

L'ACB devient viable économiquement lorsque la période de retour de la crue de premiers dommages est abaissée à 2 ans.

- Test de sensibilité sur les dommages évités

Le DEMA du projet est diminué et augmenté de 20%. Le tableau suivant présente les résultats de ce test de sensibilité.

Période de retour de la crue des premiers dommages	DEMA	Bénéfices	Coûts	B/C	VAN (à 50 ans)
2 ans	1 739 k€	49 330 k€	46 800 k€	1.05	2 600 k€
5 ans	786 k€	22 284 k€	46 800 k€	0.48	-24 500 k€
8 ans	547 k€	15 522 k€	46 800 k€	0.33	-31 200 k€

Tableau 3-6 : Test de sensibilité sur le DEMA pour l'ACB du projet d'endiguement de la Basse-vallée

L'ACB est viable économiquement lorsque le DEMA est augmenté de 20%.

- Bilan

Dire que l'analyse coûts-bénéfices devient positive lorsque la période de retour de la crue de premiers dommages est abaissée à 2 ans ou si le DEMA est augmenté de 20% revient à souligner l'intérêt de fiabiliser le système d'endiguement actuel dont l'état ne garantit pas sa résistance à la poussée de l'eau même pour les faibles crues débordantes.

#### 3.5.4 Population mise à pieds secs

Pour l'évènement fréquent, le système d'endiguement projeté permet de mettre à pieds sec 706 personnes et 434 pour la crue moyenne.

En annexe sont présentées les cartes de zones inondées en situation actuelle (plusieurs brèches et/ou état dégradé des ouvrages) et avec les digues projetées pour les crues fréquente et moyenne. Sur ces cartes, sont positionnés les logements mis à sec par le projet et ceux qui sont encore inondés dans la zone d'influence des ouvrages.

## 4 Disposition 6-4 : Reconquérir les capacités naturelles d'expansion des crues en fond de vallée

### 4.1 Remise en fond de vallon de la Dordonne en aval de Bréxent-Enocq

Le lit mineur de la Dordonne est perché de l'aval de Bréxent-Enocq jusqu'à la voie ferrée. Il est projeté de rendre au cours d'eau son cheminement naturel sur les 1,3 km que compte ce tronçon.

Une modélisation hydraulique est réalisée pour déterminer l'impact de ce projet sur les écoulements des crues fréquente (de période de retour 10 ans) et moyenne.

#### 4.1.1 Hydrogrammes

Les deux graphiques ci-après permettent de comparer les hydrogrammes des crues fréquente et moyenne en situation actuelle et avec la remise en fond de vallée de la Dordonne :

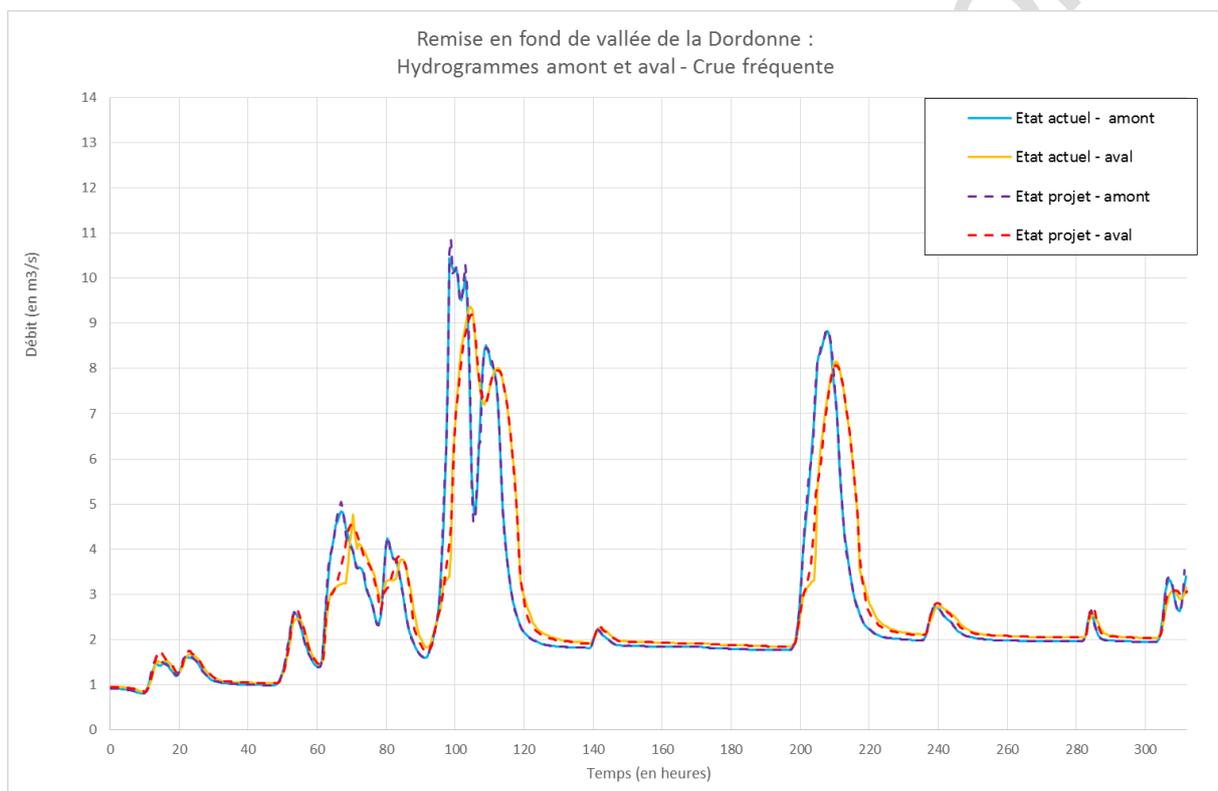


Figure 4-1 : Mise en fond de vallée de la Dordonne – Hydrogrammes avec et sans aménagement  
Crue fréquente

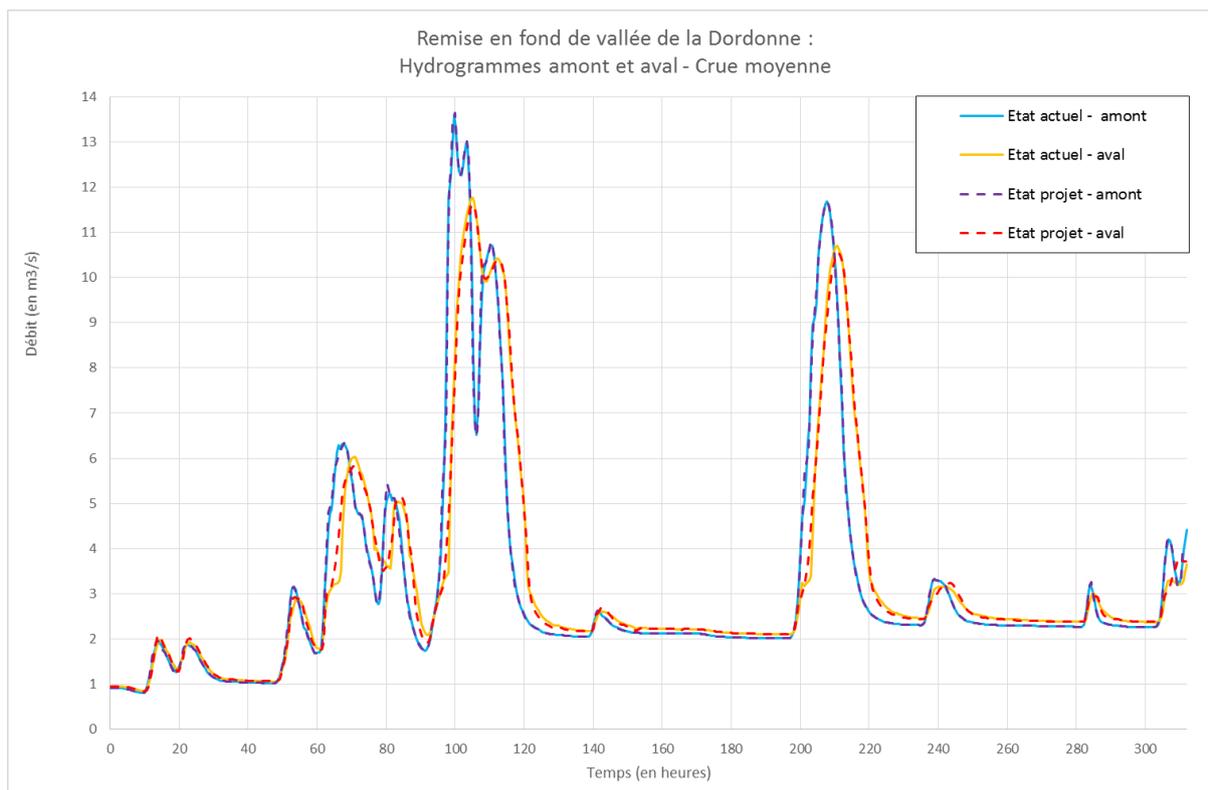


Figure 4-2 : Mise en fond de vallée de la Dordogne – Hydrogrammes avec et sans aménagement  
Crue moyenne

La remise en fond de vallée de la Dordogne ne modifie quasiment pas l'allure des hydrogrammes pour les deux crues simulées. L'aménagement génère un abaissement du débit de pointe de 2% pour la crue fréquente et de 1% pour l'évènement moyen.

#### 4.1.2 Niveaux d'eau et emprises inondées

Les cartes ci-après présentent l'influence de cet aménagement sur les niveaux d'eau et les zones inondées par rapport à la situation actuelle :

Ecart de cote avec et sans la remise en fond de vallon de la Dordogne à Bréxent-Enocq pour la crue fréquente

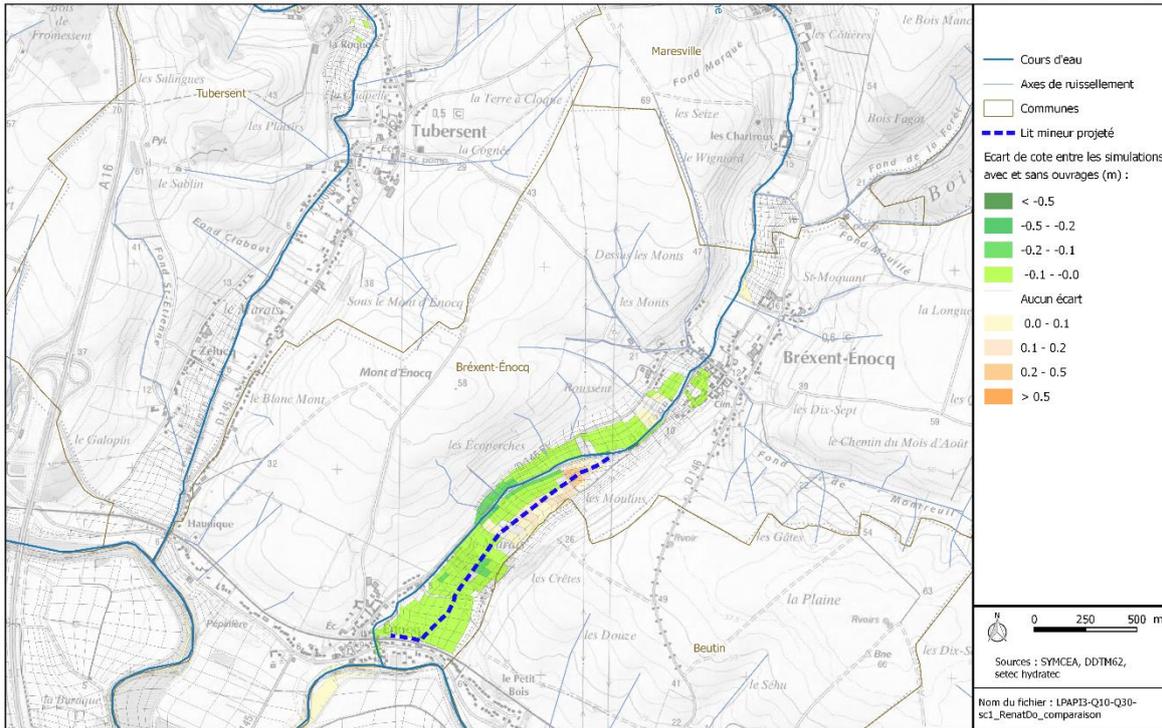


Figure 4-3 : Remise en fond de vallée de la Dordogne : Impact sur les niveaux pour la crue fréquente

Ecart de cote avec et sans la remise en fond de vallon de la Dordogne à Bréxent-Enocq pour la crue moyenne

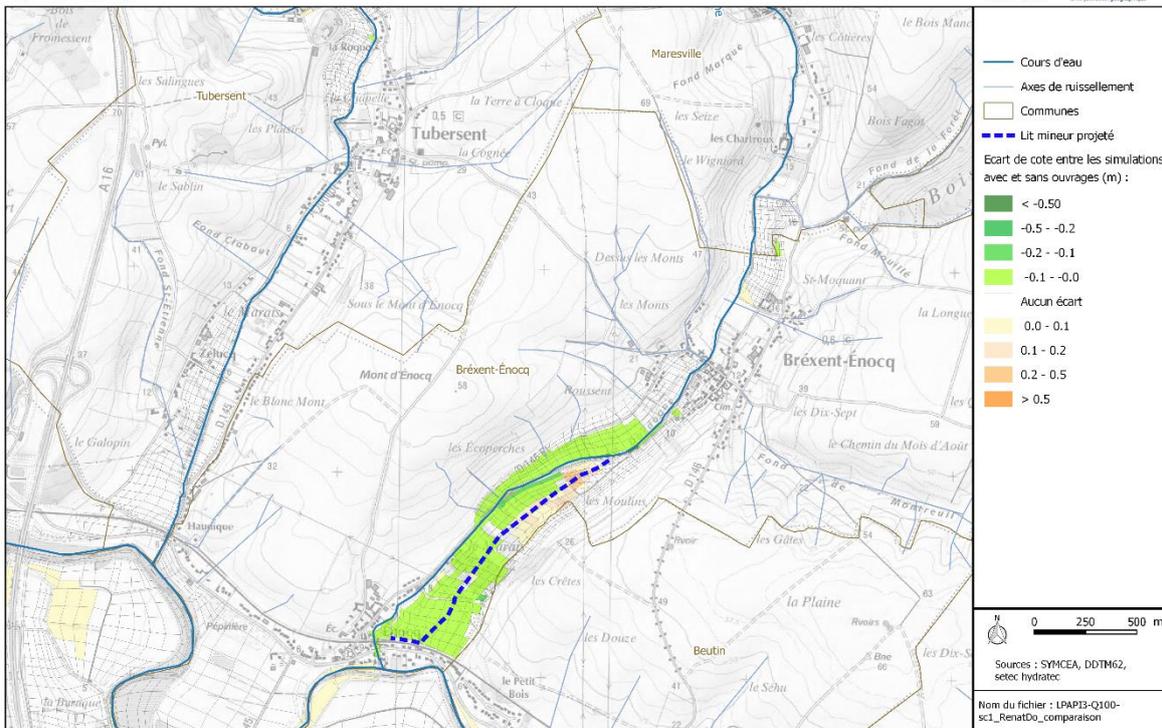


Figure 4-4 : Remise en fond de vallée de la Dordogne : Impact sur les niveaux pour la crue moyenne

Zone inondée avec et sans la remise en fond de vallon de la Dordogne à Bréxent-Enocq pour la crue fréquente

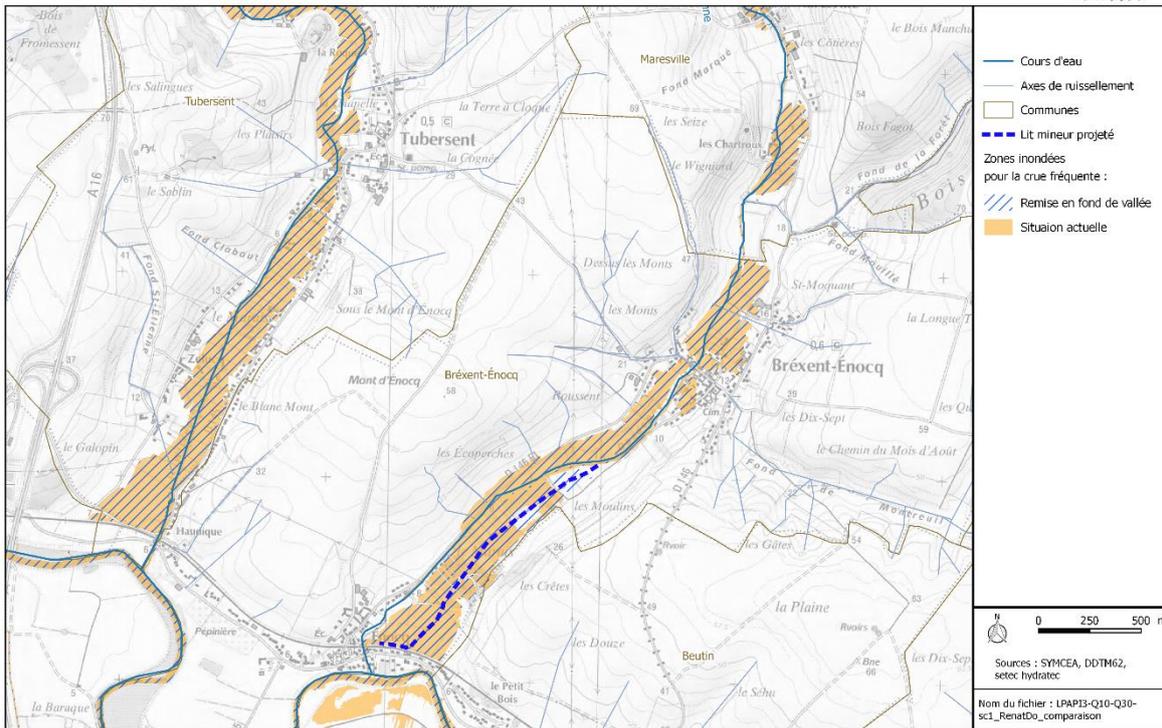


Figure 4-5 : Remise en fond de vallée de la Dordogne : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) – Crue fréquente

Zone inondée avec et sans la remise en fond de vallon de la Dordogne à Bréxent-Enocq pour la crue moyenne

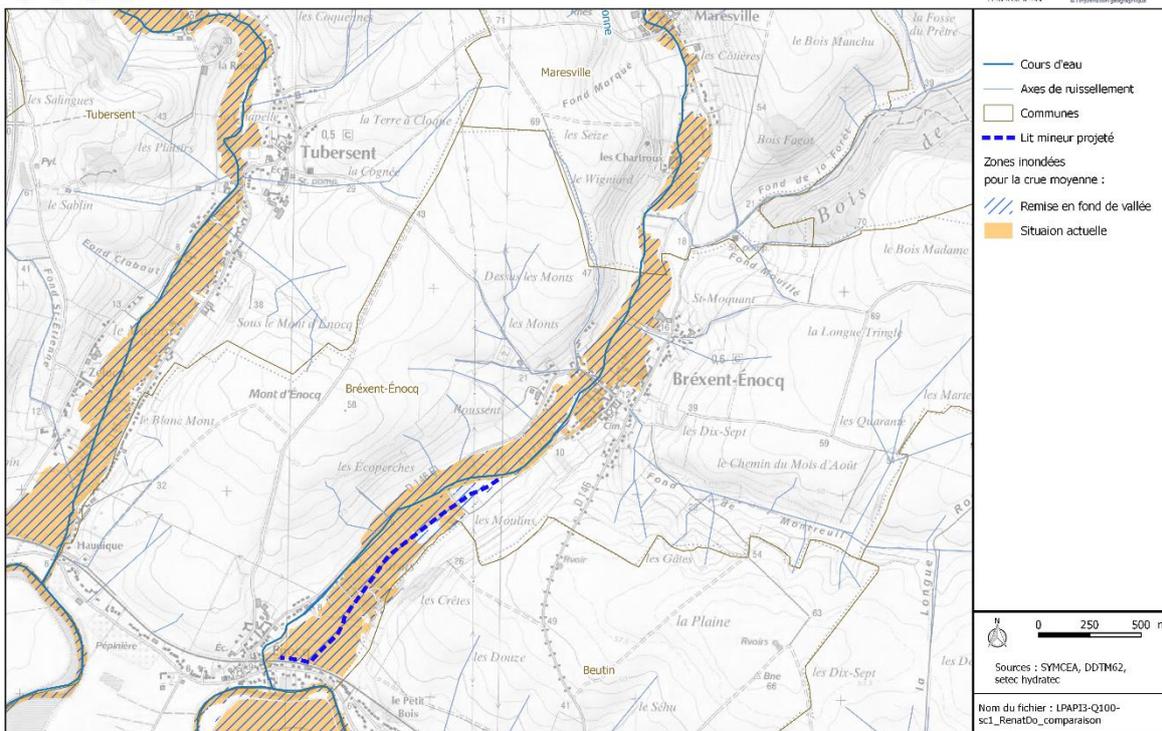


Figure 4-6 : Remise en fond de vallée de la Dordogne : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) – Crue moyenne



Pour les crues fréquente et moyenne, la remise en fond de vallée de la Dordogne a peu d'impact sur les niveaux d'eau. Les gains sont au maximum de 15 cm pour les deux évènements. Pour la crue fréquente, la longueur d'influence du projet est de 600 m en amont de ce dernier. Pour la crue moyenne, elle est limitée à 300 m en amont de l'aménagement.

Ce projet permet d'inonder un logement de moins pour la crue fréquente grâce à un abaissement du niveau d'eau de 3 cm par rapport à la situation actuelle.

## 4.2 Reconquête du lit majeur de la Canche entre Marles-sur-Canche et Montreuil

Les marais entre Marles-sur-Canche et Montreuil sont propices à l'implantation d'une zone d'expansion des crues. Ce tronçon ne présente pas d'enjeu identifié hormis ponctuellement, en bordure du lit majeur en rive droite au niveau du hameau du Petit Marles et du lieu-dit la Rederie.

### 4.2.1 Dimensionnement

La zone d'expansion des crues est dimensionnée de façon à écrêter la crue fréquente.

#### a) Dignes

- Digue principale

La zone d'expansion des crues est délimitée en aval par une digue longeant la N1 entre la Canche et Neuville-sous-Montreuil longue de 800 m.

La crête de digue est égale à la cote de la crue fréquente augmentée de 50 cm. La hauteur moyenne de l'ouvrage est de 2,5 m. Dans cette configuration, l'arase de la digue est égale au niveau de la crue moyenne.

- Digue latérale

La digue longeant la rive droite de la Canche est confortée sur 3,3 km. Sa cote d'arase est fixée selon le même critère que la digue principale, à savoir la cote de la crue fréquente augmentée de 50 cm.

- Dignes annexes

Trois digues annexes sont prévues afin de ne pas aggraver l'inondation d'enjeux du fait de la création de l'aménagement. L'arase de ces ouvrages est égale à la cote de la crue fréquente augmentée de 50 cm.

Les digues secondaires projetés correspondent à :

- une digue longue de 500 m et haute de 1,2 m pour protéger le hameau du Petit Marles,
- une digue longue de 300 m et haute de 1,8 m pour protéger les habitations de la Rederie,
- une digue longue de 630 m et haute de 2,3 m pour protéger Neuville-sous-Montreuil.

#### b) Seuils

- Seuil d'alimentation

La zone d'expansion des crues est alimentée par un seuil latéral long de 200 m aménagé implanté sur la digue en rive droite de la Canche.

Le seuil est placé le plus à l'amont possible de la zone de stockage sans que le réhaussement de la ligne d'eau induit par l'ouvrage n'atteigne d'enjeux. Son emplacement est présenté à la Figure 4-7.

Il est calé 30 cm sous le niveau de la crue fréquente, à la cote 6,6 mNGF.

- Seuil de sécurité

La digue principale est équipée d'un seuil de sécurité calé à la cote de la crue fréquente augmentée de 5 cm. Ce seuil, long de 320 m, est placé entre la Canche et la Nocq de façon à être le plus éloigné des enjeux à l'aval.

Un système d'alerte devra être prévu lors de l'activation imminente du seuil de sécurité.

### c) Orifices de fuite

La digue principale est traversée par trois cours d'eau. Pour assurer la continuité des écoulements et permettre la vidange de la zone d'expansion des crues, chacun d'eux est équipé d'un orifice de fuite. Leurs dimensions sont les suivantes :

- buse de 1500 mm de diamètre sur la Nocq,
- buses de 900 mm et de 400 mm sur les deux autres fossés.

La carte qui suit présente les ouvrages prévus :

Projet de ZEC en amont de Montreuil

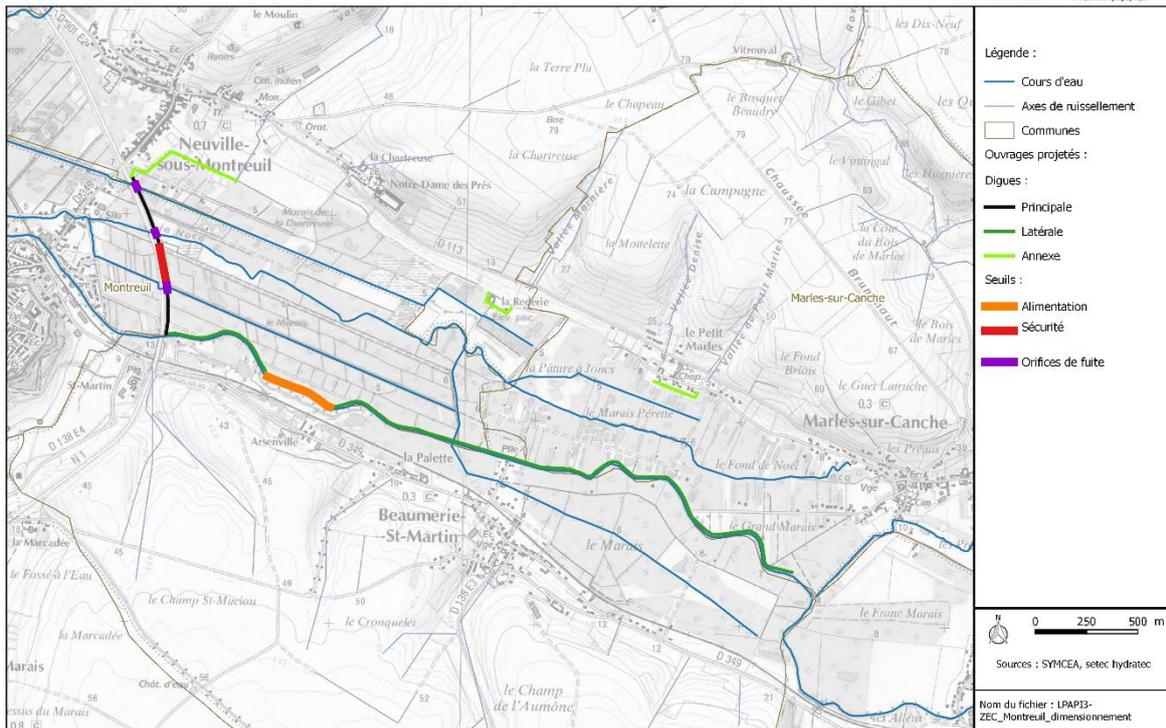


Figure 4-7 : ZEC en amont de Montreuil : ouvrages projetés

## 4.2.2 Impact hydraulique de la ZEC

### a) Hydrogrammes en amont et aval de la ZEC projetée

Les deux figures ci-après présentent les hydrogrammes en amont et en aval de la zone d'expansion des crues projetée pour les crues fréquente et moyenne.

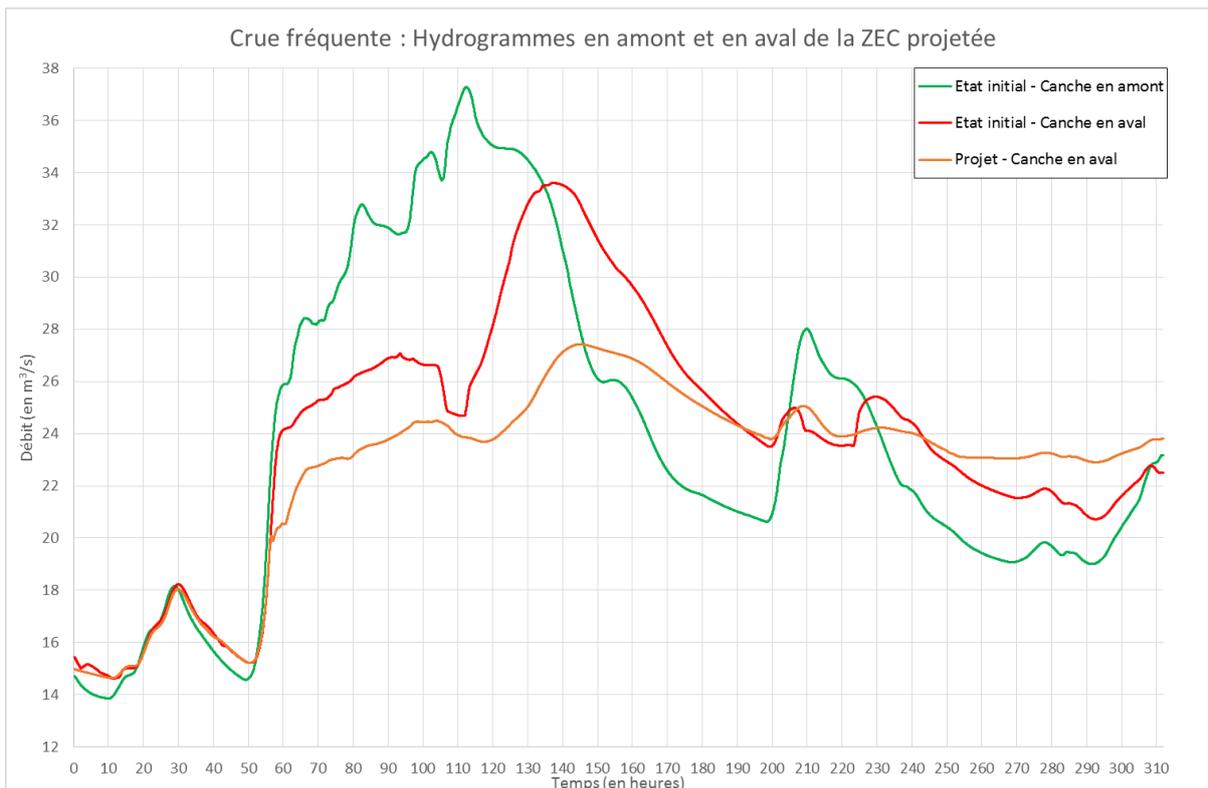


Figure 4-8 : ZEC en amont de Montreuil : Hydrogrammes en amont et en aval en situation actuelle et à l'état projet – Crue fréquente

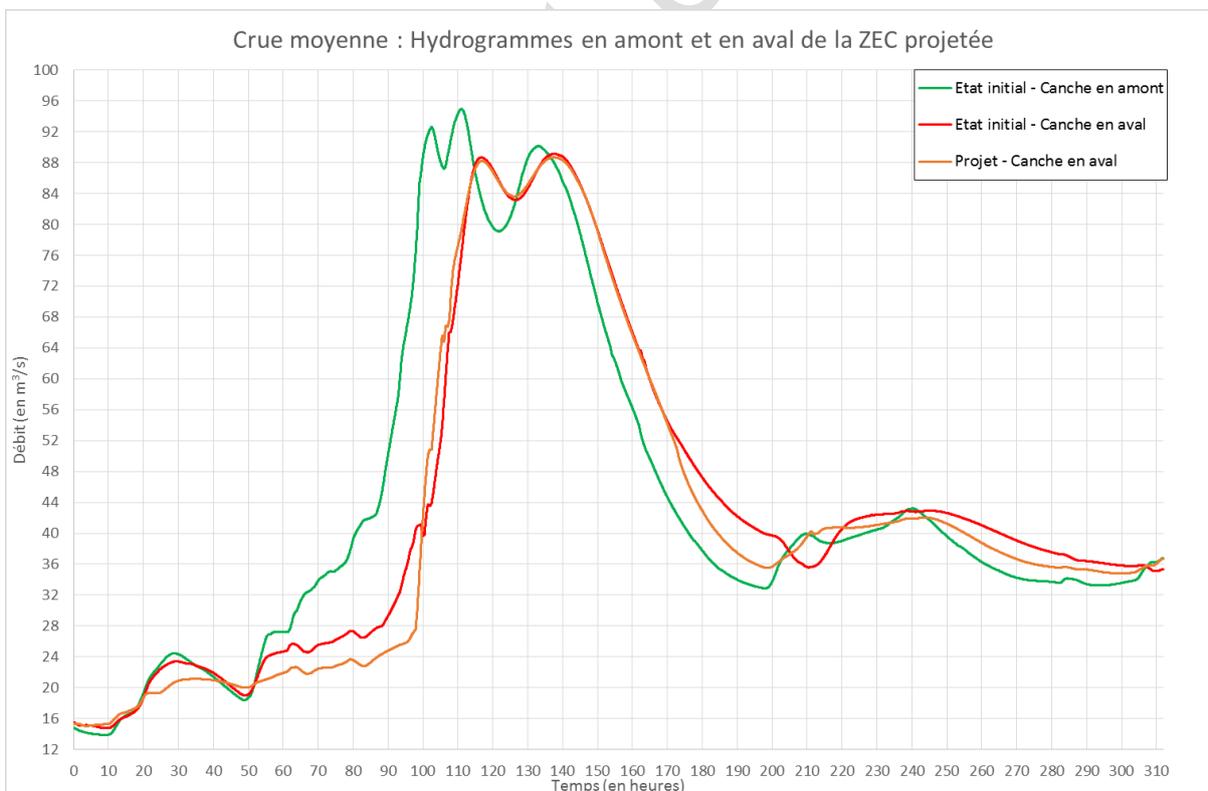


Figure 4-9 : ZEC en amont de Montreuil : Hydrogrammes en amont et en aval en situation actuelle et à l'état projet – Crue moyenne

Pour la crue fréquente, l'ouvrage permet d'abaisser le débit de pointe à Montreuil de 34 m<sup>3</sup>/s à 27 m<sup>3</sup>/s, soit un écrêtement de 23%. Pour la crue moyenne, l'écrêtement est nul, il n'y a pas de diminution du débit de pointe, qui est de 89 m<sup>3</sup>/s.

Pour la crue moyenne, l'ouvrage écrête la crue jusqu'à un débit de 28 m<sup>3</sup>/s avant d'être plein. Ensuite, il surverse et l'augmentation du débit jusqu'à la valeur maximale est plus rapide que pour la situation actuelle. En effet, sans l'ouvrage, de par sa configuration, la vallée ralentit la montée de la crue, ce qui n'est plus possible dès que la retenue de l'ouvrage est pleine.

### b) Niveaux d'eau et emprises inondées

Les cartes ci-après présentent l'influence de l'aménagement de la ZEC sur les niveaux d'eau et les zones inondées par rapport à la situation actuelle pour les crues fréquente et moyenne :

Ecart de cote avec la ZEC en amont de Montreuil par rapport à la situation actuelle pour la crue fréquente

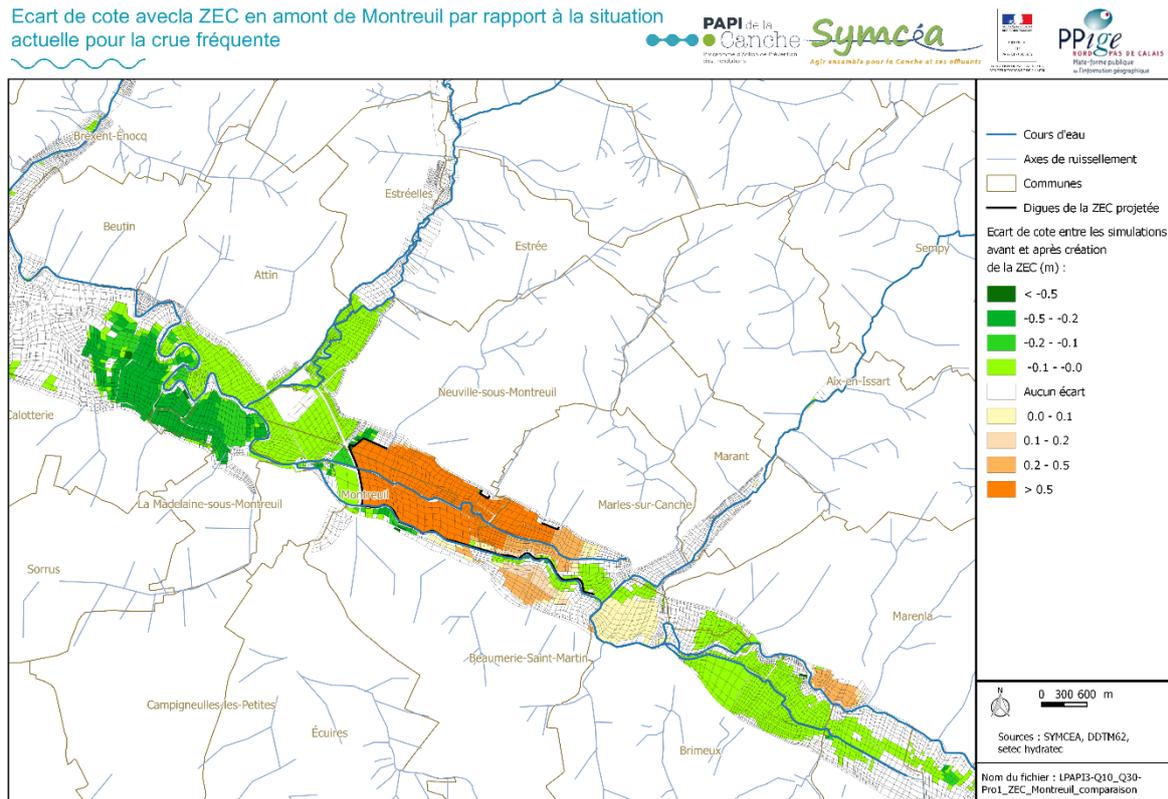


Figure 4-10 : ZEC en amont de Montreuil : Impact sur les niveaux pour la crue fréquente

Ecart de cote avec la ZEC en amont de Montreuil par rapport à la situation actuelle pour la crue moyenne

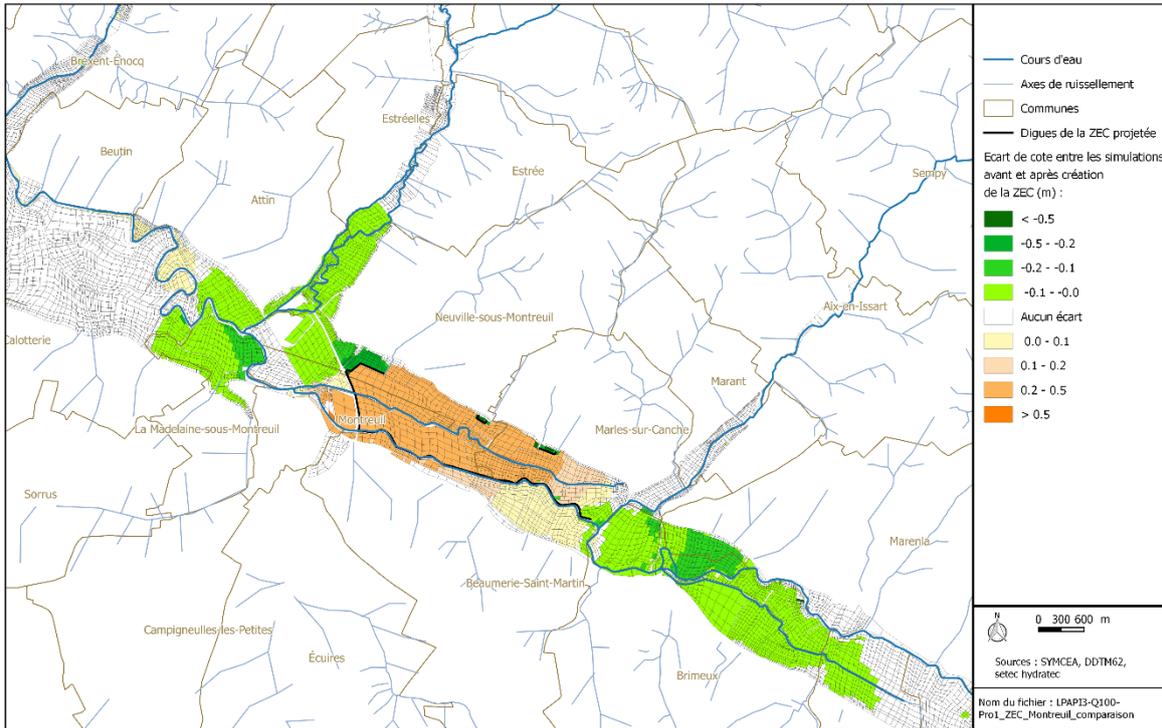


Figure 4-11 : ZEC en amont de Montreuil : Impact sur les niveaux pour la crue moyenne

Zones inondées avec la ZEC projetée en amont de Montreuil et en situation actuelle - Crue fréquente (1/2)

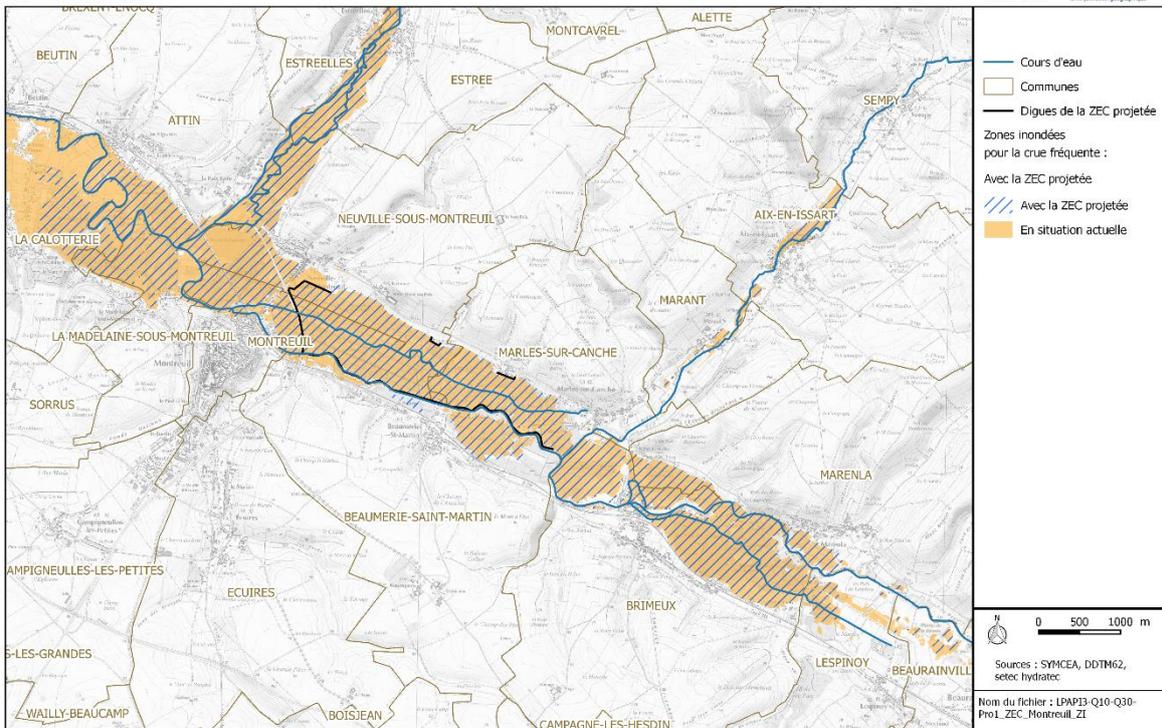


Figure 4-12 : ZEC en amont de Montreuil : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création de la ZEC  
Cruée fréquente (1/2)

Zones inondées avec la ZEC projetée en amont de Montreuil et en situation actuelle - Cruée fréquente (2/2)

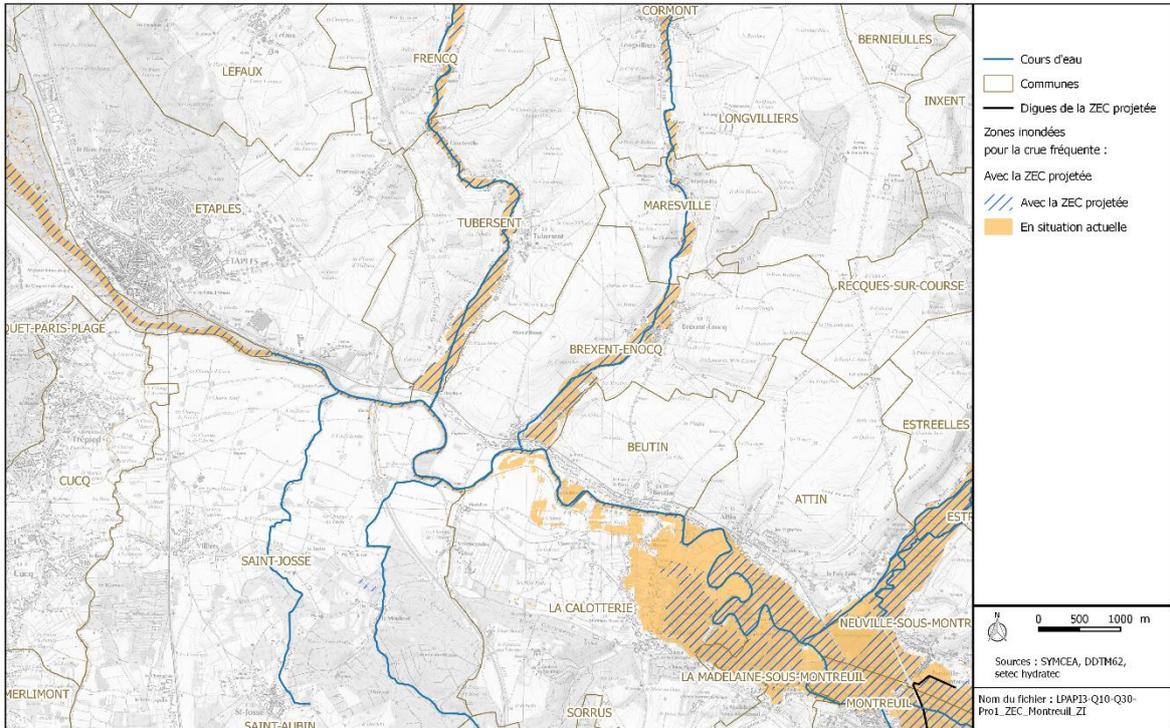


Figure 4-13 : ZEC en amont de Montreuil : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création de la ZEC  
Cruée fréquente (2/2)

Zones inondées avec la ZEC projetée en amont de Montreuil et en situation actuelle - Crue moyenne (1/2)

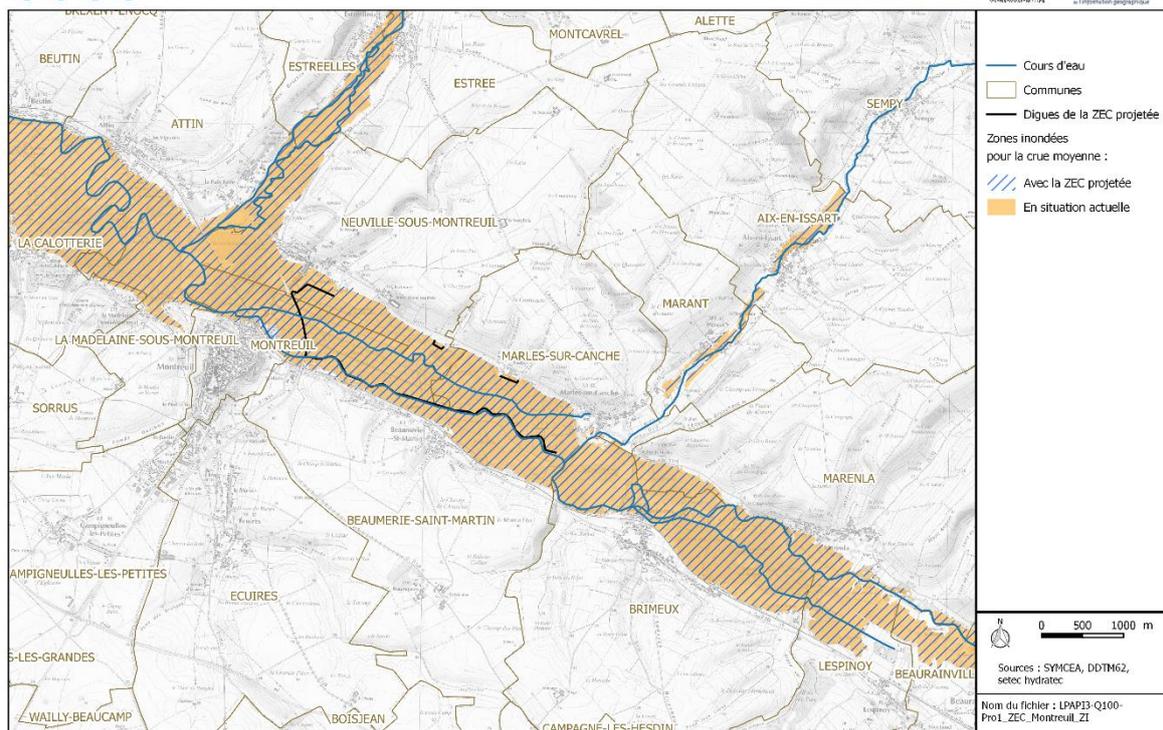


Figure 4-14 : ZEC en amont de Montreuil : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création de la ZEC  
 Crue moyenne (1/2)

Document

Zones inondées avec la ZEC projetée en amont de Montreuil et en situation actuelle - Crue moyenne (2/2)

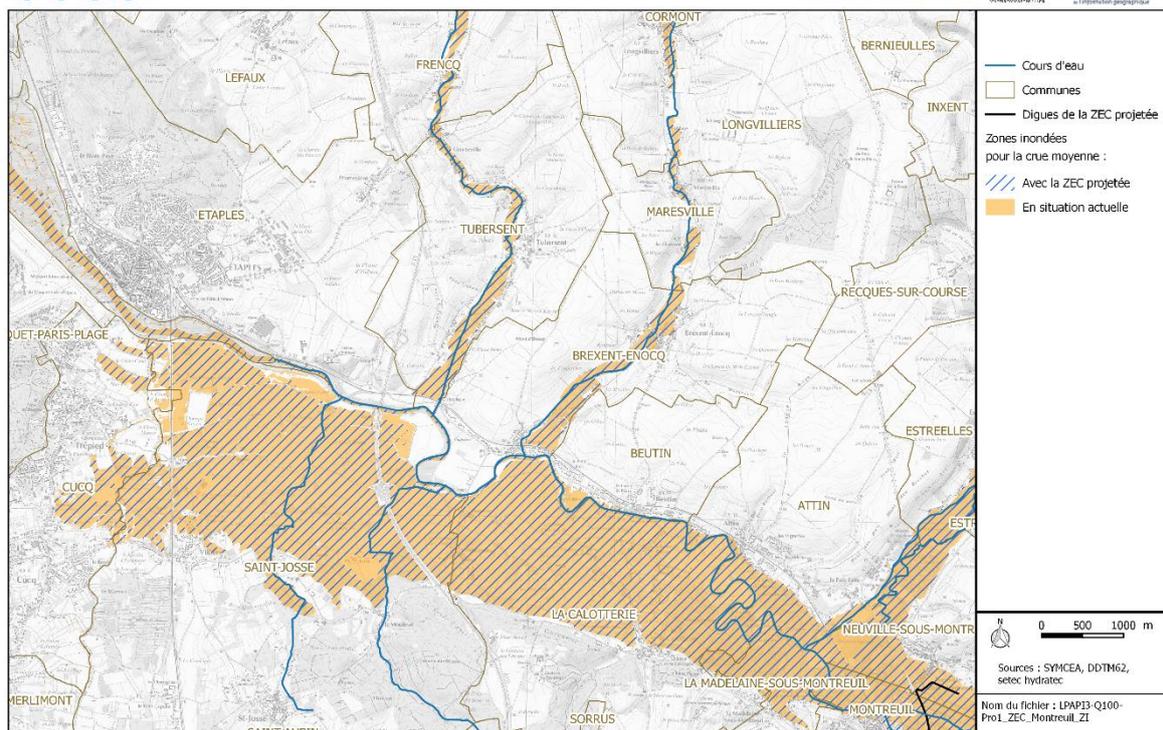


Figure 4-15 : ZEC en amont de Montreuil : Zone inondée avant (orange) /après (hachures bleues) création de la ZEC  
Crue moyenne (2/2)

La création de la zone d'expansion des crues en amont de Montreuil permet d'abaisser les niveaux d'eau dans la Canche de la crue fréquente sur 6 km en amont de la confluence de la Canche et du Bras de Brosne et sur près de 4 km en aval de l'ouvrage projeté. En amont de l'ouvrage, les gains sont inférieurs à 10 cm tandis qu'en aval, ils atteignent une vingtaine de centimètres en rive gauche. En rive droite, ils sont inférieurs à 10 cm. L'ouvrage génère aussi des gains d'environ 5 cm dans la Course sur 2 km en amont de la confluence avec la Canche.

Pour la crue moyenne, la longueur d'influence de l'ouvrage est plus faible. Elle est de 4,5 km en amont de la confluence de la Canche et du Bras de Brosne et de 2,7 km en aval de l'ouvrage. Les gains sur le niveau d'eau sont compris entre 0 cm et 15 cm que ce soit en amont ou en aval de la zone d'expansion des crues.

Pour la crue moyenne, à l'aval immédiat de la ZEC, le niveau d'eau est entre 20 cm et 50 cm plus haut qu'en situation initiale. Ceci résulte de la concentration des écoulements en rive droite de la Canche, en amont de la gare, sur 300 m du fait des restrictions hydrauliques imposées par la digue principale de la ZEC et celle de Neuville-sous-Montreuil et de l'activation du déversoir de sécurité.

Pour les crues fréquente et moyenne, la présence de cet aménagement ne permet pas d'éviter complètement les déversements sur les digues de la Basse-vallée.

En aval de Montreuil, la zone d'expansion des crues en amont de Montreuil génère un abaissement du niveau d'eau pour la crue fréquente, plus important que les ouvrages projetés sur la Canche amont (Can\_am1 et Can\_am2). Ces derniers apportent un gain compris entre 10 et 20 cm.





# ANNEXES

Document provisoire



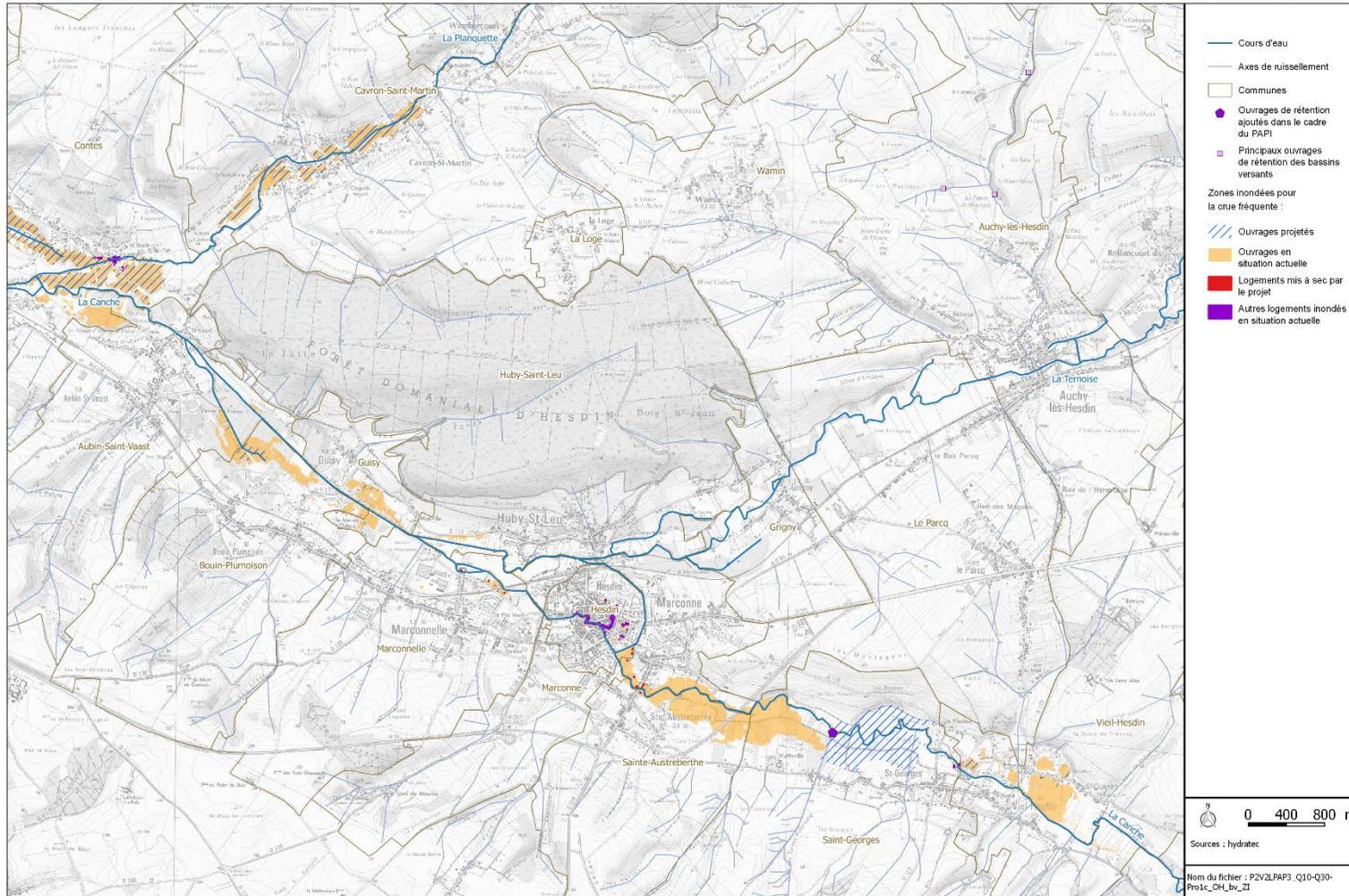
## ANNEXE n°1

Cartes des zones inondées en situation actuelle et avec les ouvrages projetés avec les logements mis à sec et encore inondés

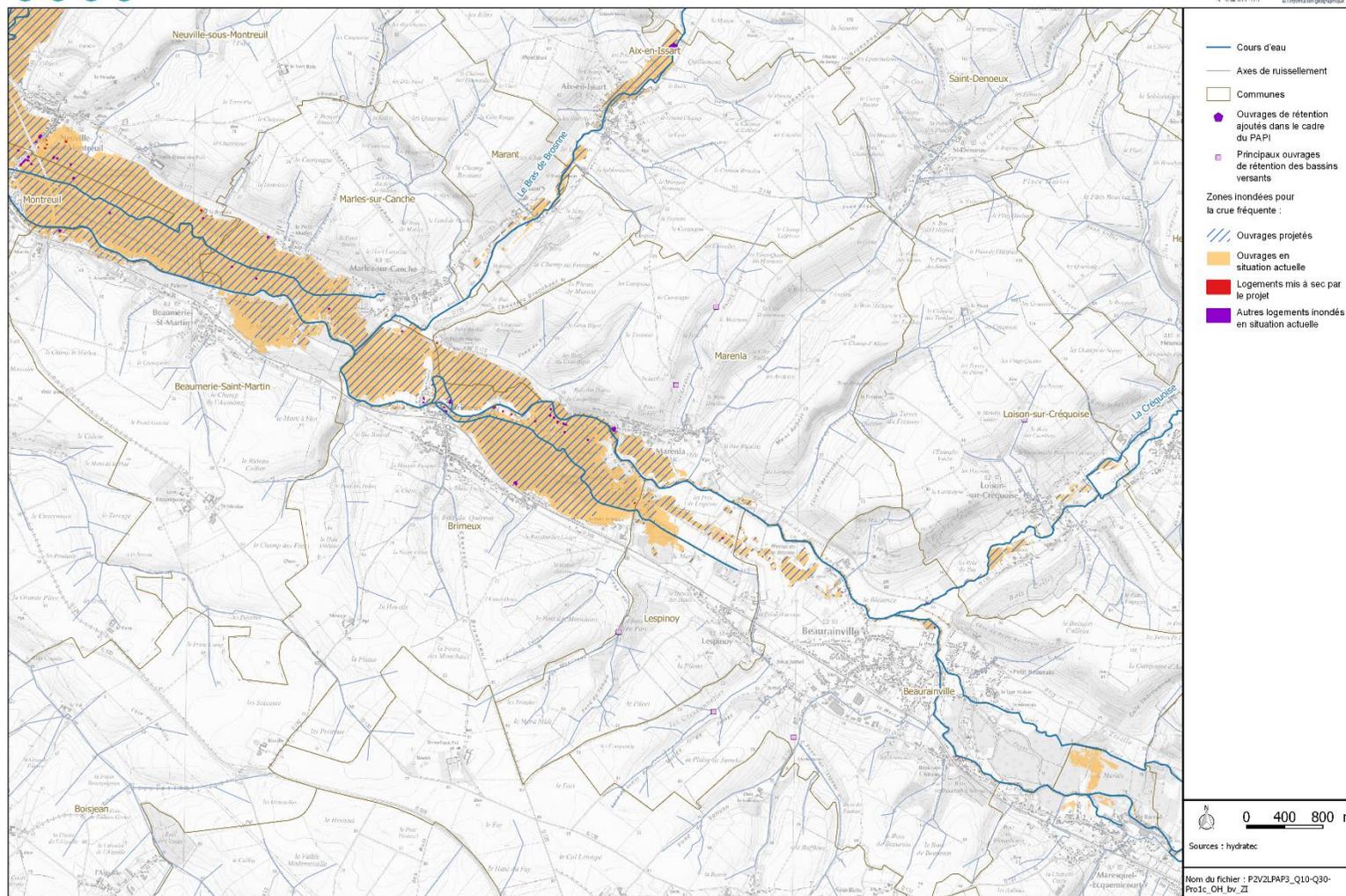
Document provisoire

- Ouvrages de retenue projetés sur la Canche amont (Can\_am1 et Can\_am2)

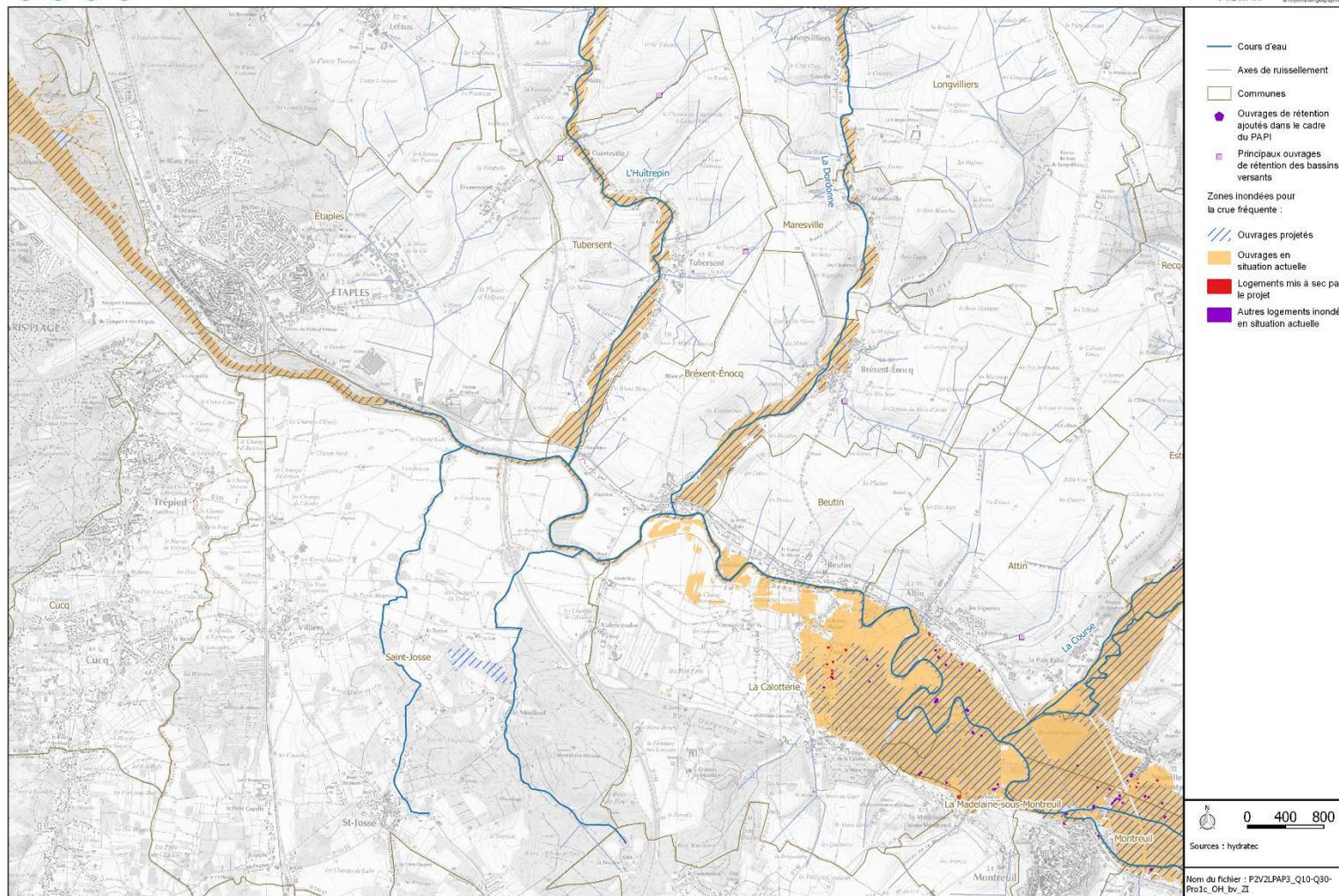
Zones inondées pour la crue fréquente  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (1/3)



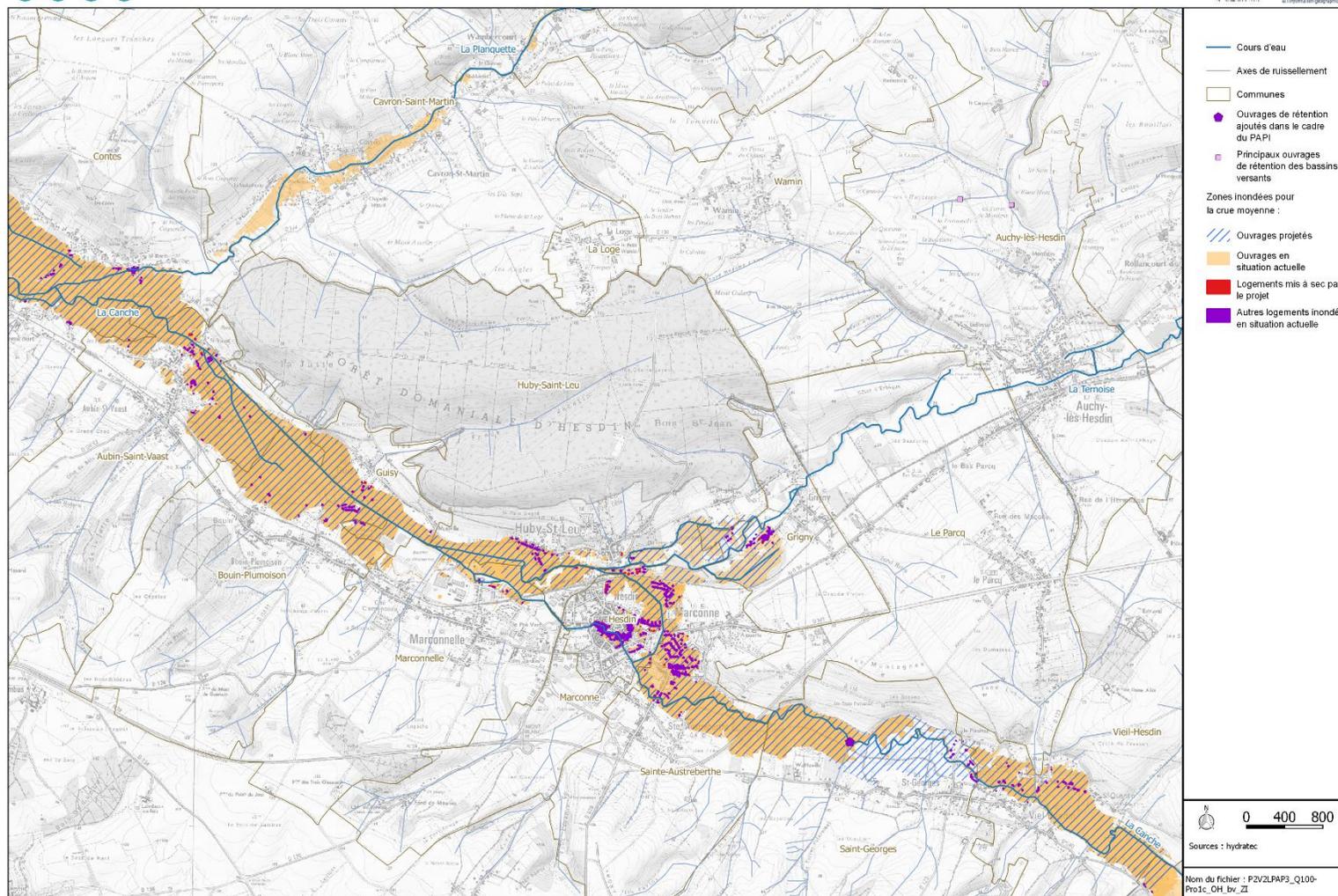
Zones inondées pour la crue fréquente  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (2/3)



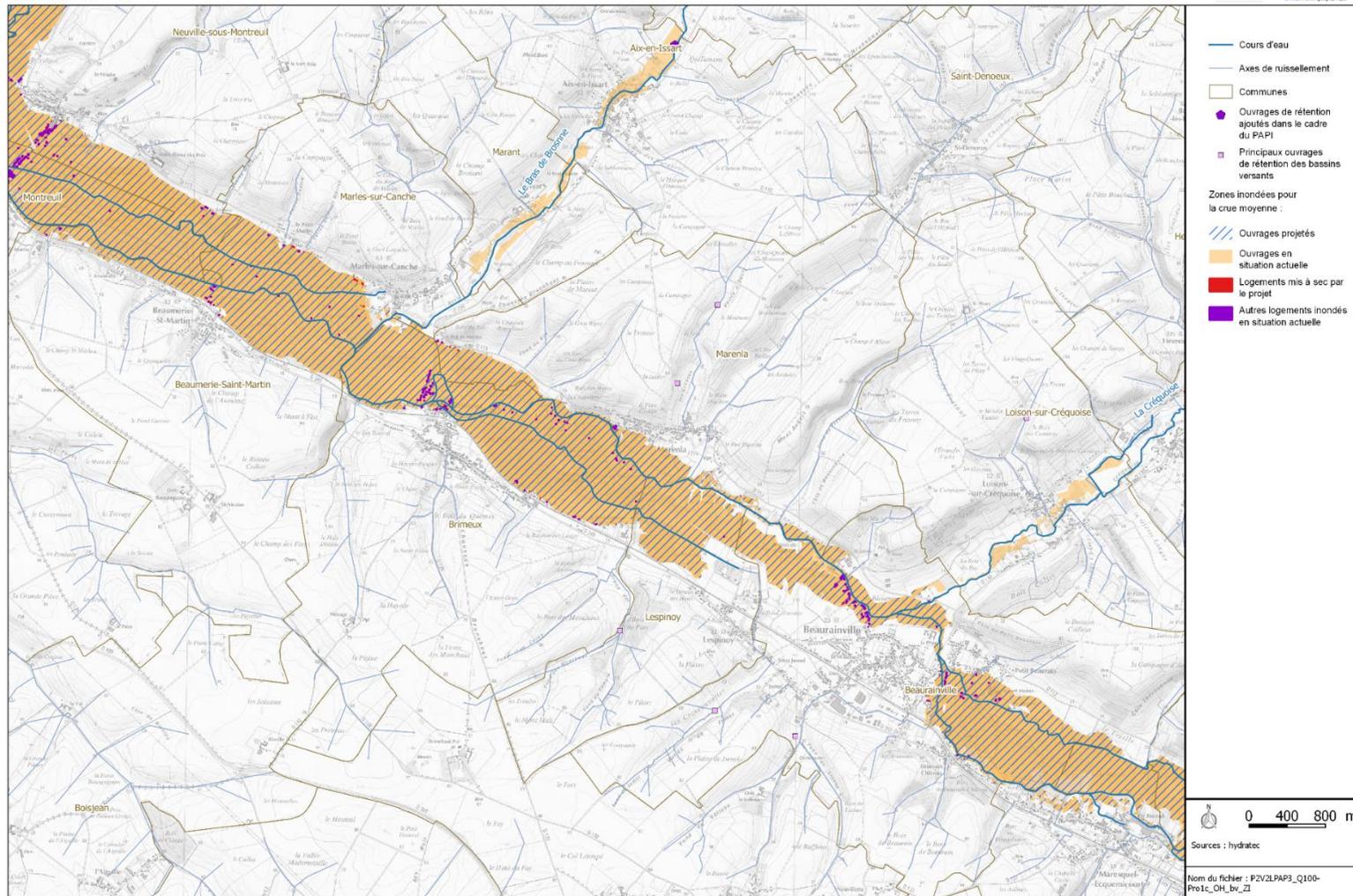
Zones inondées pour la crue fréquente  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (3/3)



Zones inondées pour la crue moyenne  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (1/3)

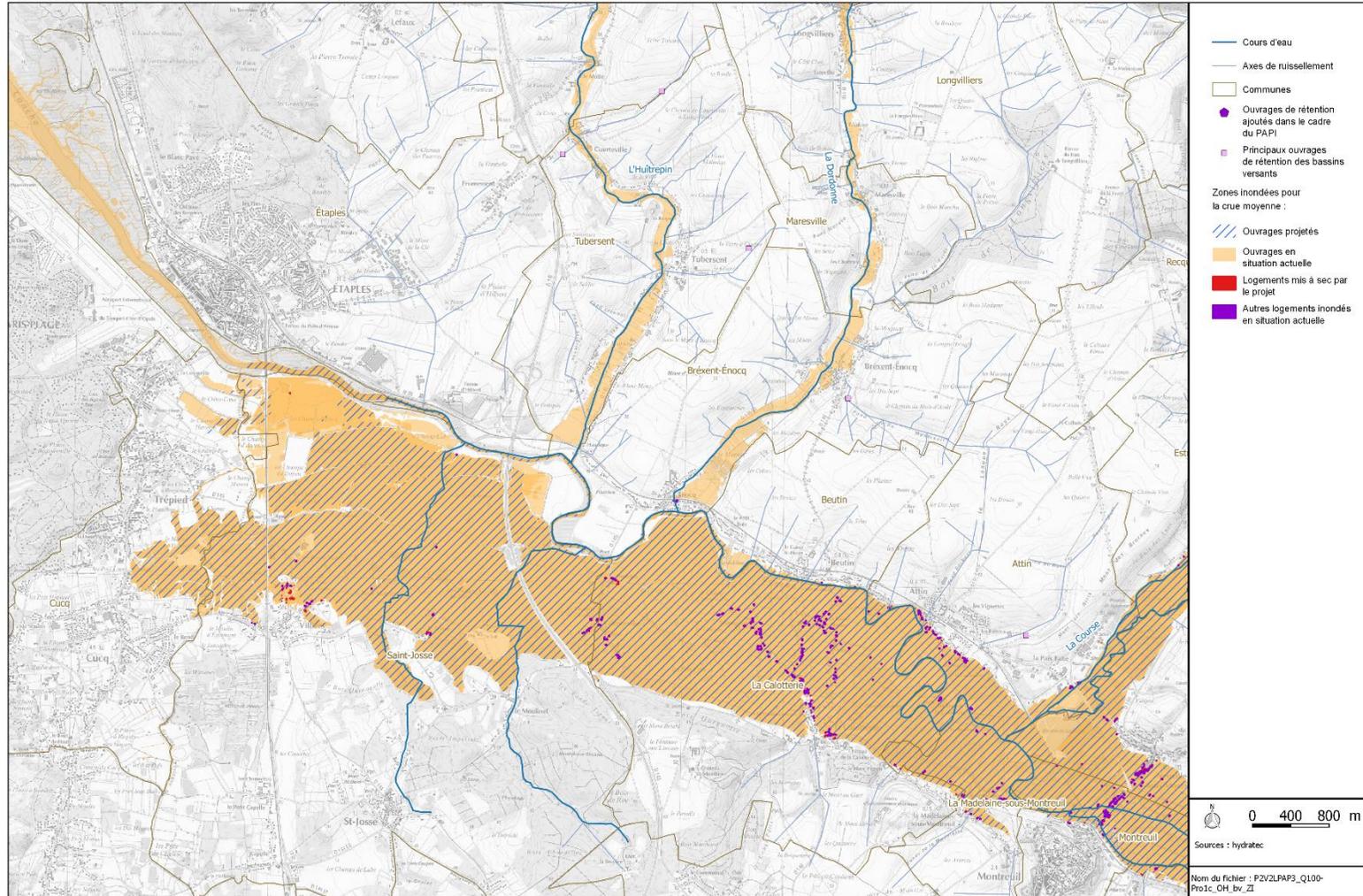


Zones inondées pour la crue moyenne  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (2/3)



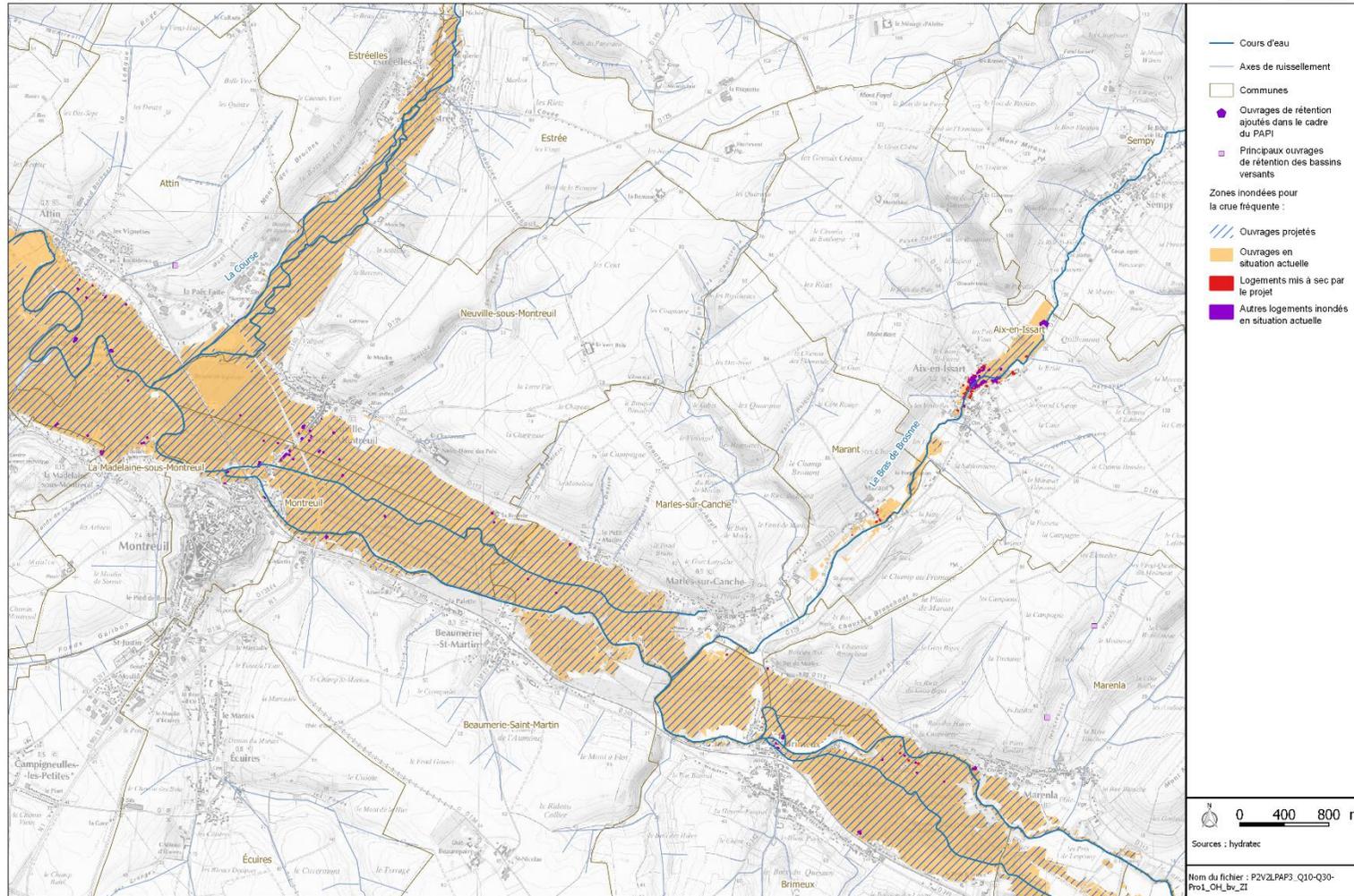


Zones inondées pour la crue moyenne  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Canche (3/3)



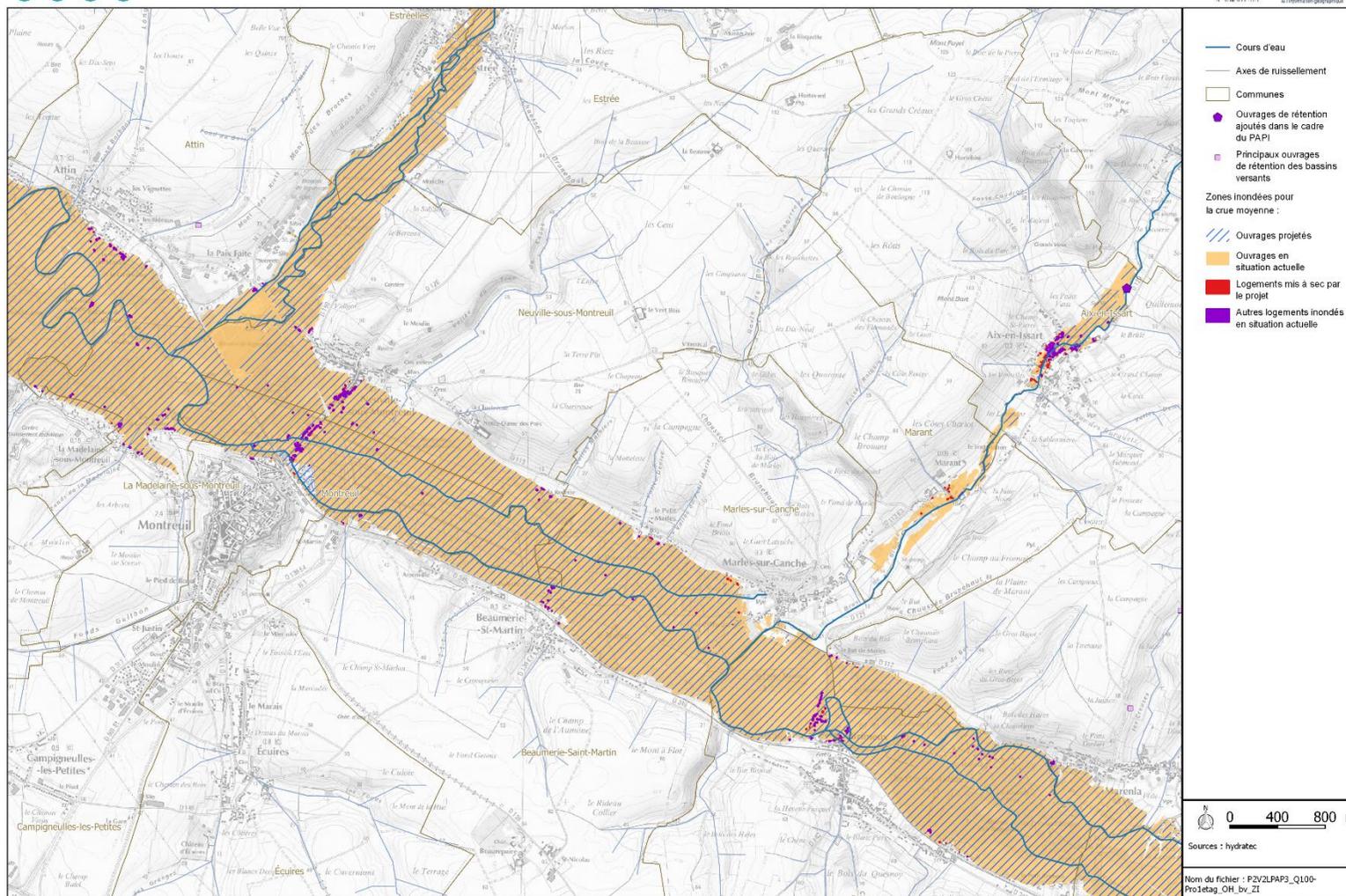
- Ouvrage de retenue projeté sur le Bras de Brosne (Bb)

Zones inondées pour la crue fréquente  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Bras de Brosne



Conception et réalisation : Symc3a, DDTM de la Somme, 15/10/2017. Copies et reproductions interdites.

Zones inondées pour la crue moyenne  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Bras de Brosne

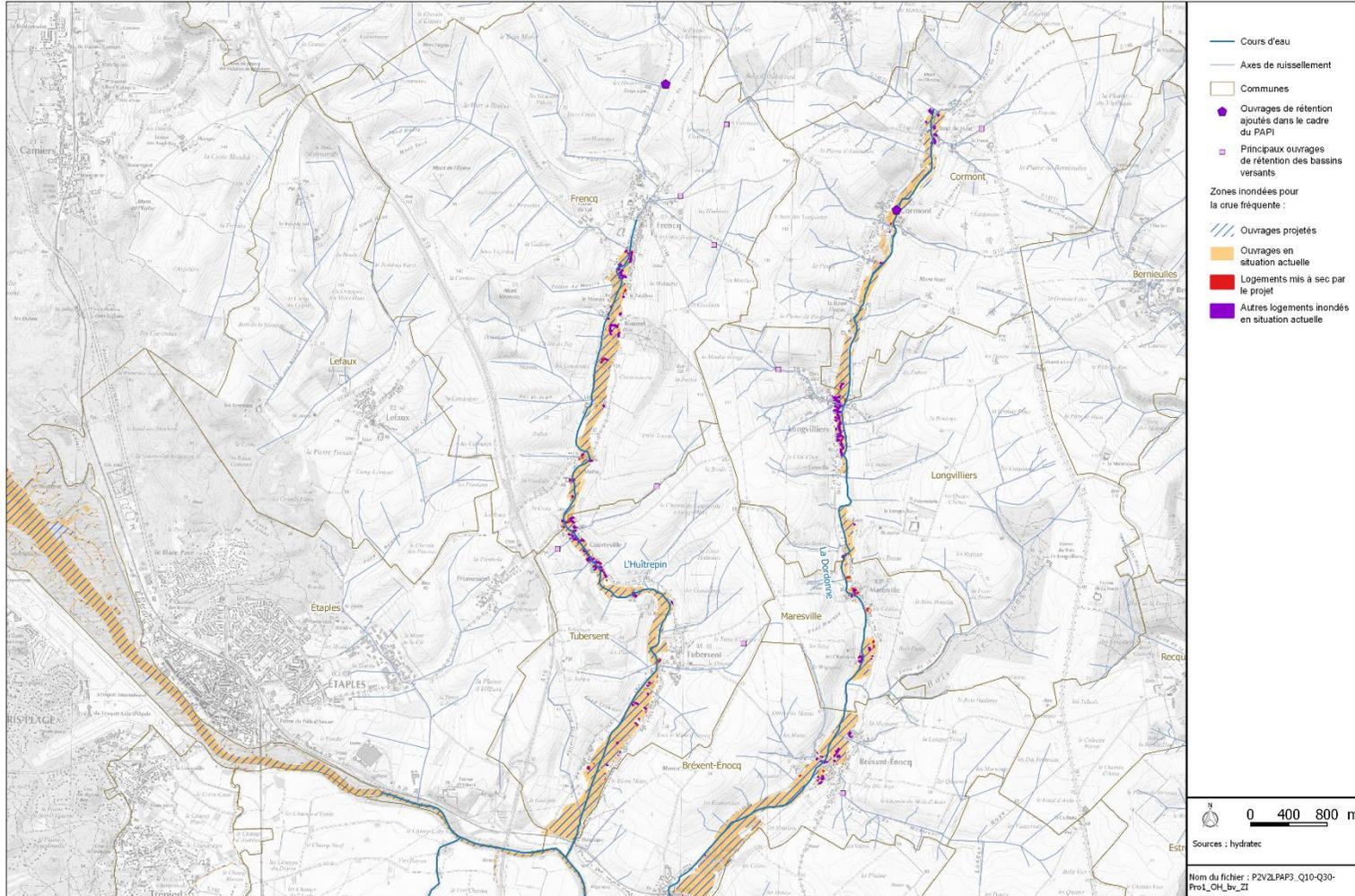


Conception et réalisation : Symac, DRIH (C. ASSONET) - Hydratec - © EBN/Symac, 2014 - B0301123 - Copier et reproductions interdites.

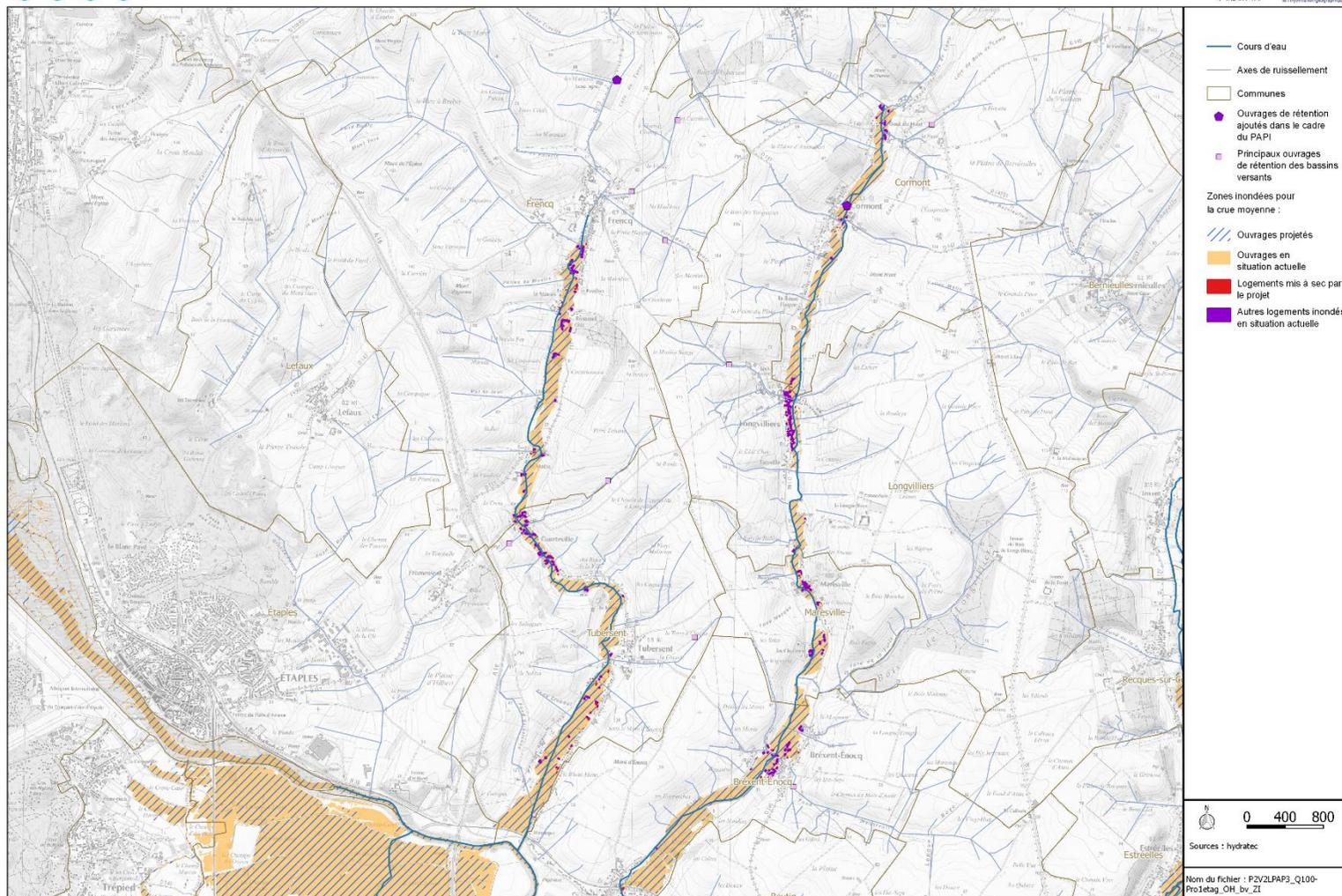


- Ouvrages de retenue sur la Dordogne (Do1 et Do2) et l'Huitrepin (Hui1, Hui2, Hui3 et Hui4)

Zones inondées pour la crue fréquente  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Dordogne et Huitrepin



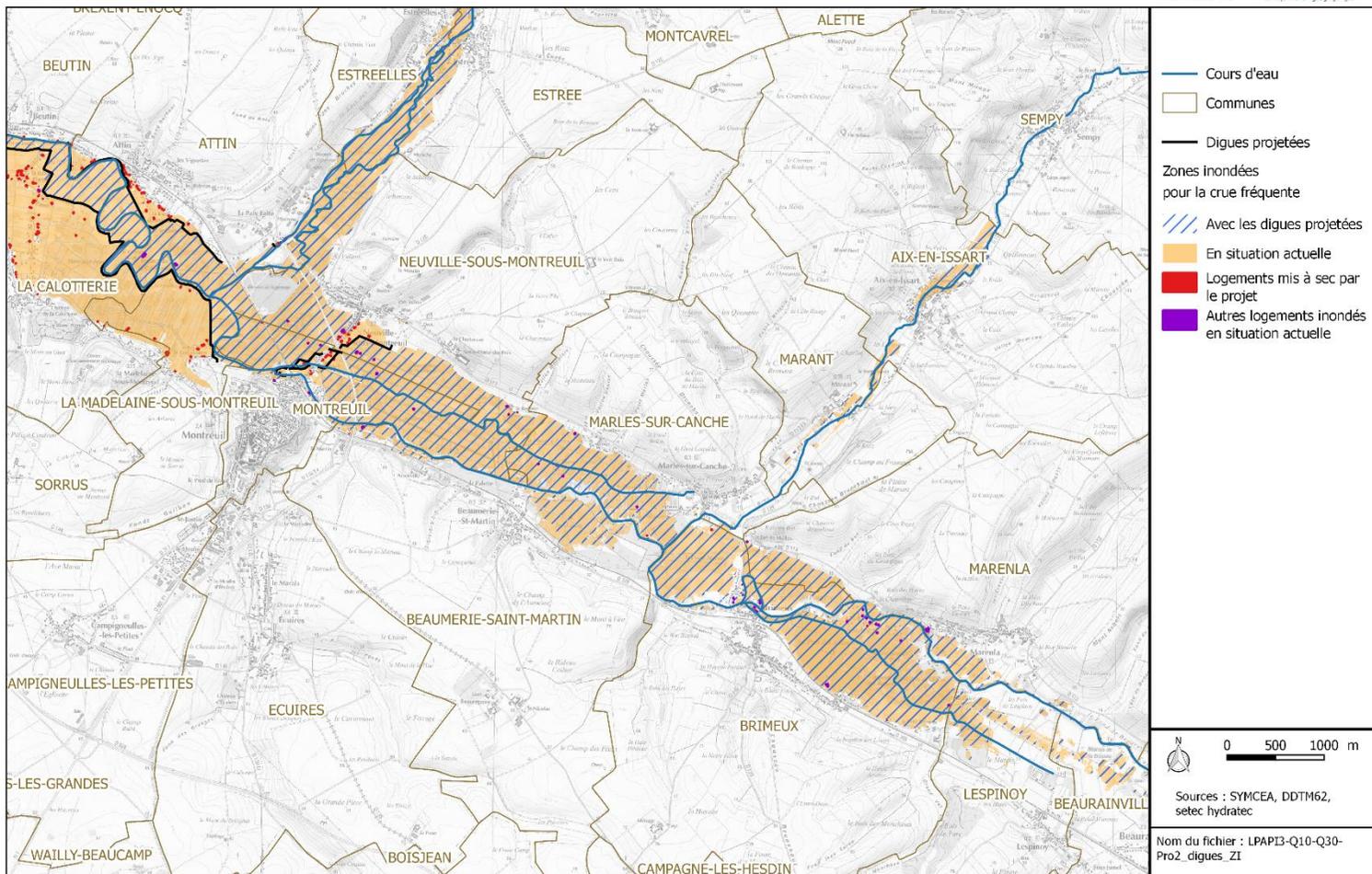
Zones inondées pour la crue moyenne  
Avec et sans les ouvrages projetés dans le cadre du PAPI  
Dordogne et Huitrepin



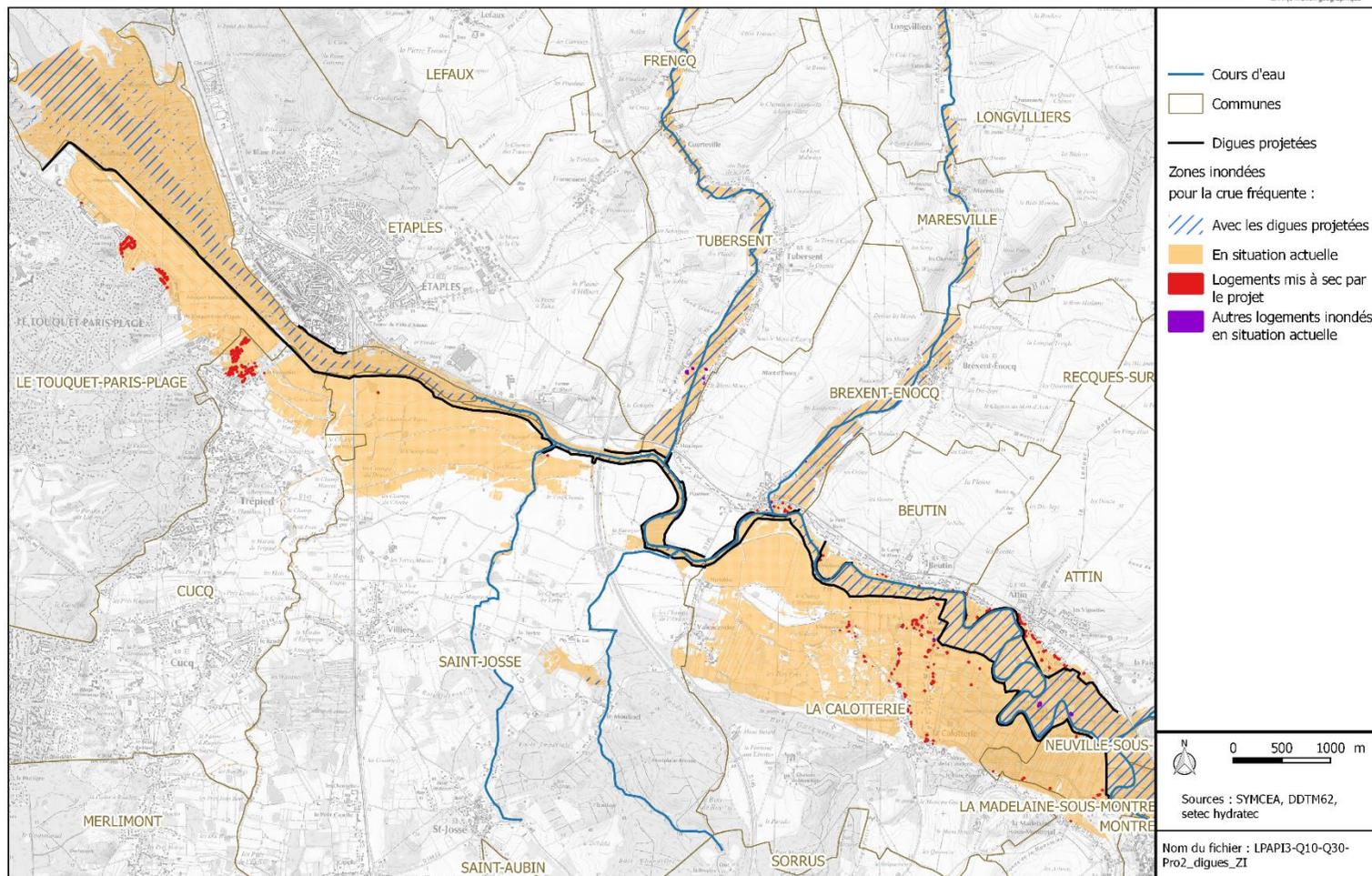
Conception et réalisation : Symacsa, DDTM de l'ASSONNE - Hydratec - © IGN 2017 - 2018 - 2019 - 2020 - 2021 - 2022 - 2023 - 2024 - 2025 - 2026 - 2027 - 2028 - 2029 - 2030 - 2031 - 2032 - 2033 - 2034 - 2035 - 2036 - 2037 - 2038 - 2039 - 2040 - 2041 - 2042 - 2043 - 2044 - 2045 - 2046 - 2047 - 2048 - 2049 - 2050 - 2051 - 2052 - 2053 - 2054 - 2055 - 2056 - 2057 - 2058 - 2059 - 2060 - 2061 - 2062 - 2063 - 2064 - 2065 - 2066 - 2067 - 2068 - 2069 - 2070 - 2071 - 2072 - 2073 - 2074 - 2075 - 2076 - 2077 - 2078 - 2079 - 2080 - 2081 - 2082 - 2083 - 2084 - 2085 - 2086 - 2087 - 2088 - 2089 - 2090 - 2091 - 2092 - 2093 - 2094 - 2095 - 2096 - 2097 - 2098 - 2099 - 2100

- Système d'endiguement projeté dans la Basse-vallée

Zones inondées avec les digues projetées du PAPI et en situation actuelle (scénarios sans digues et brèches) pour la crue fréquente (1/2)

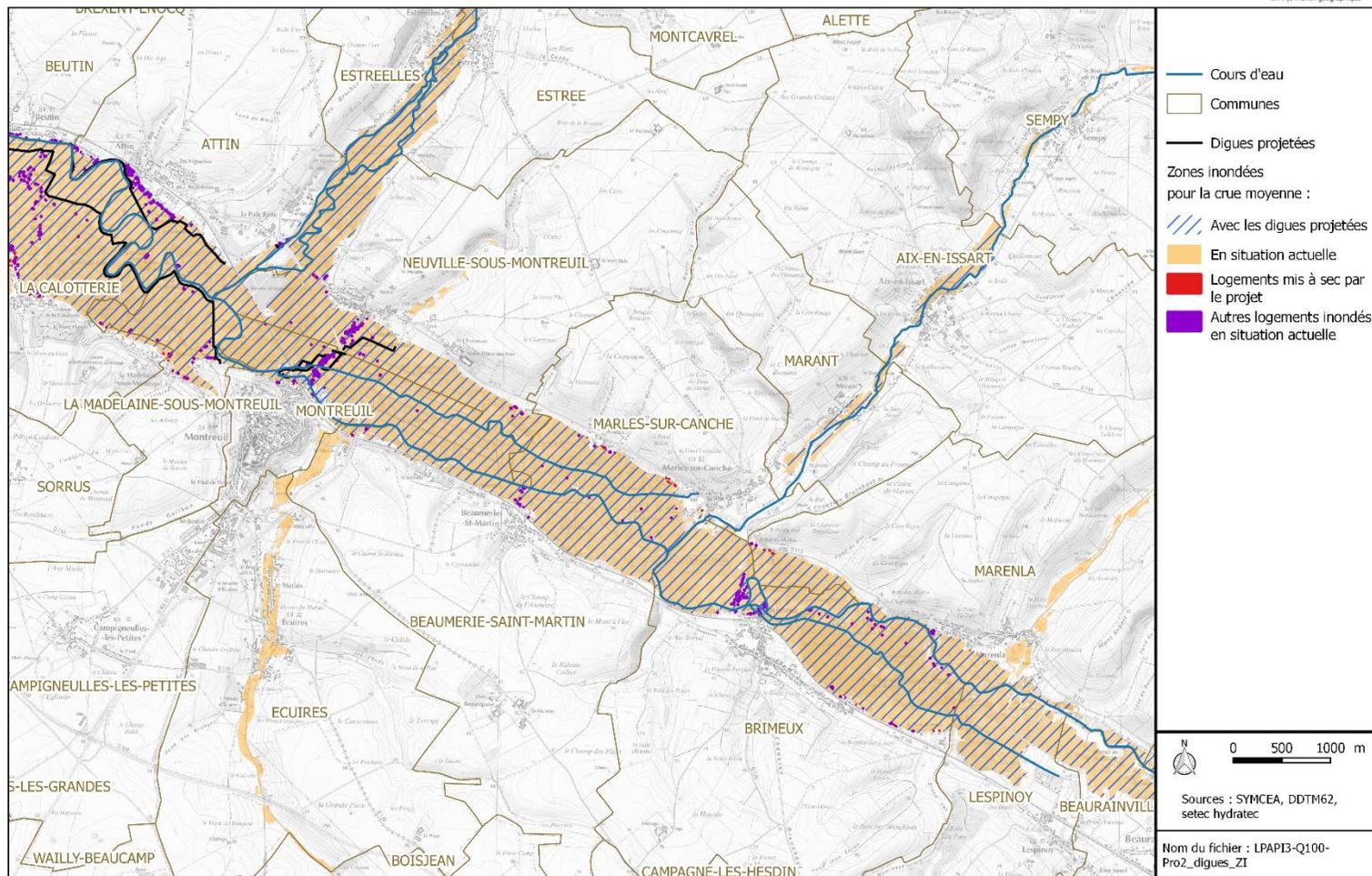


Zones inondées avec les digues projetées du PAPI et en situation actuelle (scénarios sans digues et brèches) pour la crue fréquente (2/2)



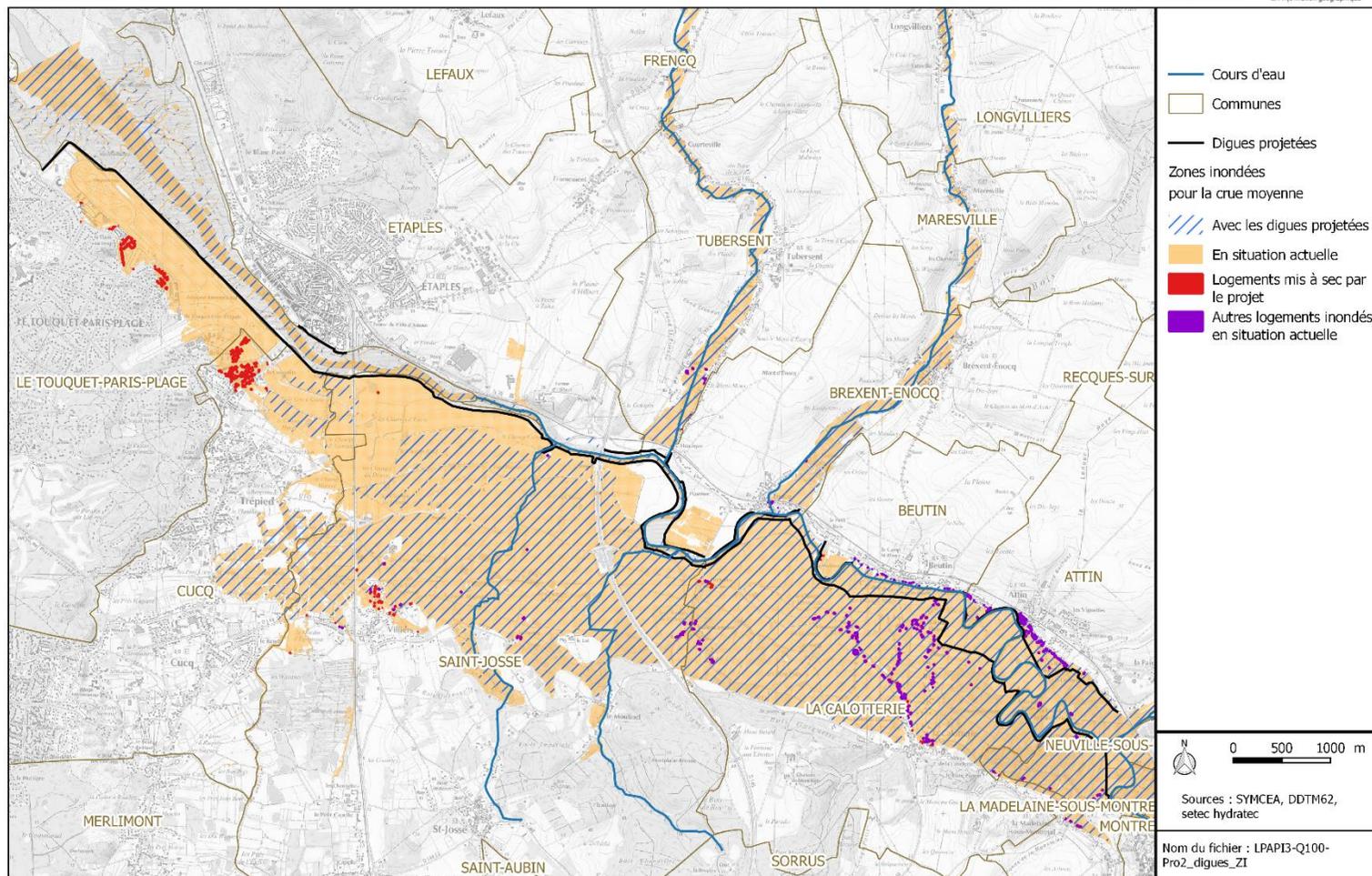
Conception et réalisation : Symcéa, DDTM 62, setec hydratec. © - © IGN Scan25 - 2014 - 1635701173 - Copies et reproductions interdites

Zones inondées avec les digues projetées du PAPI et en situation actuelle (scénarios sans digues et brèches) pour la crue moyenne (1/2)



Conception et réalisation : Symcea, DDTM 62, setec hydratec. © - © IGN Scan25 - 2014 - 1635701173 - Copies et reproductions interdites

Zones inondées avec les digues projetées du PAPI et en situation actuelle (scénarios sans digues et brèches) pour la crue moyenne (2/2)



Conception et réalisation : Symcea, DDTM 62, setec hydratec. © - © IGN Scan25 - 2014 - 1635701173 - Copies et reproductions interdites