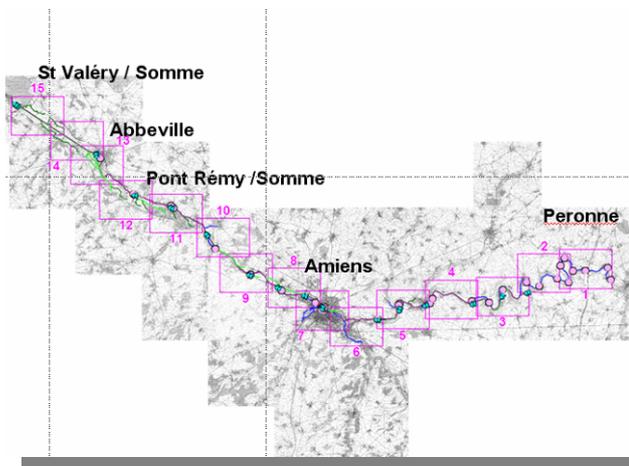


RExHYSS

IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU ET LES EXTREMES HYDROLOGIQUES DANS LES BASSINS DE LA SEINE ET DE LA SOMME



VOLET V4

MODELISATION HYDRAULIQUE DE LA SOMME SOUS INFLUENCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

RAPPORT R1

SOMMAIRE

SYNTHESE.....	1
1. INTRODUCTION.....	3
2. PRESENTATION DU PROJET REXHYSS.....	4
2.1. OBJECTIFS DU PROJET REXHYSS	4
2.2. DEROULEMENT DU PROJET REXHYSS.....	4
2.3. PROGRAMME DE TRAVAIL DU VOLET V4	5
3. DESCRIPTION DU MODELE DE LA SOMME DEVELOPPE PAR SOGREAH.....	6
3.1. HISTORIQUE DU MODELE DE LA SOMME	6
3.2. CARACTERISTIQUES DU MODELE DE LA SOMME	6
3.2.1. <i>Emprise du modele.....</i>	6
3.2.2. <i>Constitution du modèle.....</i>	7
3.3. CALAGE DU MODELE DE LA SOMME	11
3.3.1. <i>Simulation du débit moyen interannuel.....</i>	11
3.3.2. <i>Simulation de la crue de 2001.....</i>	12
3.4. ETAT DE REFERENCE DU MODELE DE LA SOMME	13
4. SIMULATIONS REALISEES A L'AIDE DU MODELE CARIMA-1D DE LA SOMME DANS LE CADRE DU VOLET V4	14
4.1. INFLUENCE DE LA CONDITION LIMITE MARITIME SUR L'EVACUATION DES EAUX DE LA SOMME EN CRUE	14
4.1.1. <i>Evacuation des eaux de la Somme en crue dans la Manche</i>	15
4.1.2. <i>Description du site d'étude en amont se Saint-Valéry-sur-Somme</i>	15
4.2. INFLUENCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE NIVEAU MOYEN DES OCEANS	19
4.3. SCENARIOS TESTES	20
4.3.1. <i>Condition hydrologique 1, crue de 2001.....</i>	20
4.3.2. <i>Condition hydrologique 2, crue de 1994.....</i>	21
5. RESULTATS DE LA MODELISATION HYDRAULIQUE.....	23
5.1. RESULTATS DE LA CONDITION HYDROLOGIQUE 1 : CRUE DE 2001	23
5.1.1. <i>Scénario 1A, crue de 2001 sur condition maritime actuelle</i>	23
5.1.2. <i>Scénario 1B, crue de 2001 avec hypothèse optimiste de changement climatique.....</i>	25
5.1.3. <i>Scénario 1C, crue de 2001 avec hypothèse pessimiste de changement climatique pessimiste.....</i>	28
5.2. RESULTATS DE LA CONDITION HYDROLOGIQUE 2 : CRUE DE 1994	31
5.2.1. <i>Scénario 2A, crue de 1994 sur condition maritime actuelle</i>	31
5.2.2. <i>Scénario 2B, crue de 1994 avec hypothèse optimiste de changement climatique.....</i>	33
5.2.3. <i>Scénario 2C, crue de 1994 avec hypothèse pessimiste de changement climatique pessimiste.....</i>	36
REFERENCES	39

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : COMPARAISON DES RESULTATS CALCULES AVEC LES NIVEAUX NORMAUX DE NAVIGATION.....	12
TABLEAU 2 : PROJECTIONS DES VALEURS MOYENNES DU RECHAUFFEMENT EN SURFACE ET DE L'ELEVATION DU NIVEAU DE LA MER A LA FIN DU XXI E SIECLE, A L'ECHELLE DU GLOBE (GIEC 2007, [2])	19

LISTE DES FIGURES DANS LE TEXTE

FIGURE 1 : SCHEMATISATION DU FONCTIONNEMENT DE L'ECLUSE DE SAINT-VALERY-SUR-SOMME.....	14
FIGURE 2 : VUE DU SECTEUR D'ABBEVILLE	17
FIGURE 3 : VUE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DANS LE SECTEUR D'ABBEVILLE	18
FIGURE 4 : CARTOGRAPHIE DES HAUTEURS D'EAU POUR LE SCENARIO 1A --- CRUE DE 2001 ET CONDITION MARITIME ACTUELLE.....	24
FIGURE 5 : CARTOGRAPHIE DES HAUTEURS D'EAU POUR LE SCENARIO 1B --- CRUE DE 2001 ET CONDITION MARITIME SOUS CC, HYPOTHESE OPTIMISTE.	26
FIGURE 6 : CARTOGRAPHIE DE L'IMPACT EN HAUTEUR D'EAU ENTRE LE SCENARIO 1B ET LE SCENARIO 1A.	27
FIGURE 7 : CARTOGRAPHIE DES HAUTEURS D'EAU POUR LE SCENARIO 1C --- CRUE DE 2001 ET CONDITION MARITIME SOUS CC, HYPOTHESE OPTIMISTE.	29
FIGURE 8 : CARTOGRAPHIE DE L'IMPACT EN HAUTEUR D'EAU ENTRE LE SCENARIO 1C ET LE SCENARIO 1A.	30
FIGURE 9 : CARTOGRAPHIE DES HAUTEURS D'EAU POUR LE SCENARIO 2A --- CRUE DE 2001 ET CONDITION MARITIME ACTUELLE.....	32
FIGURE 10 : CARTOGRAPHIE DES HAUTEURS D'EAU POUR LE SCENARIO 2B --- CRUE DE 1994 ET CONDITION MARITIME SOUS CC, HYPOTHESE OPTIMISTE.	34
FIGURE 11 : CARTOGRAPHIE DE L'IMPACT EN HAUTEUR D'EAU ENTRE LE SCENARIO 2B ET LE SCENARIO 2A.	35
FIGURE 12 : CARTOGRAPHIE DES HAUTEURS D'EAU POUR LE SCENARIO 2C --- CRUE DE 1994 ET CONDITION MARITIME SOUS CC, HYPOTHESE OPTIMISTE.	37
FIGURE 13 : CARTOGRAPHIE DE L'IMPACT EN HAUTEUR D'EAU ENTRE LE SCENARIO 2C ET LE SCENARIO 2A.	38

oOo

SYNTHESE

Dans le cadre du volet V4 du projet RExHySS, dont le but est d'évaluer l'impact du changement climatique d'origine anthropique sur les extrêmes hydrologiques dans les bassins versants de la Seine et de la Somme, SOGREAH s'est engagé à utiliser le modèle numérique CARIMA-1D de la Somme en sa possession pour évaluer l'impact du changement climatique sur les inondations dans la vallée de la Somme.

Au cours du projet RExHySS, l'analyse des résultats des modèles climatologiques et hydrogéologiques (Volets V1 à V3), devant servir de données d'entrée au modèle hydraulique, a montré à l'horizon 2100 :

- Une tendance claire sur les étiages qui devraient être plus sévères qu'actuellement ;
- Une tendance moins claire sur les crues qui ne devraient cependant pas accuser de nette augmentation de leurs débits associés à chaque période de retour donnée.

En conséquence, l'étude de scénarios d'inondations sous changement climatique tel qu'elle était initialement prévue a dû être adaptée. Nous avons ainsi retenu différents scénarios dans lesquels le paramètre impacté par le changement climatique n'est plus le débit de la Somme mais le niveau moyen de la Manche aux abords de la Baie de Somme.

En effet, l'exutoire du canal maritime de la Somme se trouve au niveau de l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme, en Baie de Somme. En fonctionnement normal, les ouvrages supérieurs et inférieurs de l'écluse sont manœuvrés afin d'éviter d'une part une vidange trop importante du canal à marée basse et d'autre part l'intrusion d'eau dans le canal maritime à marée haute.

Cette obligation de fermer l'écluse à marée haute peut ainsi conduire à limiter l'évacuation des eaux du canal maritime en période de crue de la Somme, et ce d'autant plus que le niveau moyen de la Manche en Baie de Somme est élevé. Or, l'élévation du niveau moyen de la mer est une conséquence directe du changement climatique.

Sur la base des conclusions du GIEC 2007 [2] pour les mêmes scénarios d'émission de gaz à effet de serre que ceux retenus dans les volets V1 à V3 du projet RExHySS, nous avons retenus deux scénarios d'élévation du niveau moyen de la Manche à l'horizon 2100 :

- Scénarios optimiste, avec +0,20 m d'exhaussement du niveau marin à l'échelle globale ;
- Scénarios pessimiste, avec +0,51 m d'exhaussement du niveau marin à l'échelle globale.

Pour chacun de ces scénarios maritimes, deux conditions hydrologiques différentes ont été considérés :

- La crue de 2001 (crue historique, centennale à Abbeville).
- La crue de 1994 (crue décennale à Abbeville) ;

Au terme du volet V4 du projet RExHySS, les simulations réalisées à l'aide du modèle hydraulique de la Somme indiquent, comparativement à la modélisation des mêmes conditions hydrologiques sans élévation du niveau moyen de la Manche (condition maritime actuelle) :

- Un exhaussement de la ligne d'eau dans le lit mineur de la Somme pour les deux scénarios hydrologiques d'Eaucourt-sur-Somme à Saint-Valéry-sur-Somme ;
- Pour la crue de 2001, crue historique, une augmentation maximale des niveaux d'eau dans les zones à enjeux du lit majeur :

- En rive gauche de la Somme, au droit de la gare d'Abbeville, des Planches et de Rouvroy, de l'ordre de 2,5 cm pour le scénario optimiste à 5 cm pour le scénario pessimiste ;
- En rive droite de la Somme, au droit du marais et du quartier St Gilles, de l'ordre de 5-10 cm pour le scénario optimiste à 25 cm pour le scénario pessimiste.

L'emprise des débordements sur le lit majeur le long du canal maritime et du contre-canal est également accentuée sous changement climatique.

- Pour la crue de 1994, une augmentation maximale des niveaux d'eau dans les zones à enjeux du lit majeur :
 - En rive droite de la Somme, au droit d'Abbeville, et notamment le quartier St Gilles, de l'ordre de 2,5 cm pour le scénario optimiste à 5 cm pour le scénario pessimiste ;
 - De 1 à 5 cm le long de la Somme au droit d'Epagne-Epagnette et d'Eaucourt-sur-Somme pour le scénario pessimiste.

Dans la configuration actuelle de dimensionnement et de fonctionnement de l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme, si une crue comparable à celle de 2001 (crue de nappe de longue durée) venait à survenir une nouvelle fois, l'élévation du niveau marin, tel qu'il est annoncé dans les conclusions du GIEC pour les scénarios d'émission considérés pour le projet REXHySS, conduirait donc à aggraver les inondations dans la ville d'Abbeville.

Hors période de crue, l'élévation du niveau marin pourrait également conduire à revoir le fonctionnement de l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme et augmenter ainsi le temps de fermeture des ouvrages à marée haute et le nombre de manœuvres par an.

Entre 2001 et 2005, d'importants aménagements ont été réalisés sur les ouvrages hydrauliques de la vallée de la Somme, avec notamment la création d'une passe supplémentaire sur l'ouvrage de Saint-Valéry-sur-Somme, afin d'améliorer l'évacuation des crues.

Ces aménagements conduisent, sur la base du niveau marin actuel, à une baisse des volumes inondant sur les zones dites à enjeu qui sont de l'ordre de :

- 889 967 m³ pour la condition hydrologique de crue de 2001 ;
- 98 384 m³ pour la condition hydrologique de crue de 1994.

En comparaison, l'augmentation de volume inondant sur ces zones à enjeu dû à l'élévation du niveau marin sous changement climatique selon l'hypothèse pessimiste retenue est de l'ordre de :

- 90 544 m³ pour la condition hydrologique de crue de 2001, soit 10,2 % du volume total gagné suite aux aménagements de 2001 ;
- 21 898 m³ pour la condition hydrologique de crue de 1994, soit 22,3 % du volume total gagné suite aux aménagements de 2001 ;

L'élévation du niveau marin dû au changement climatique, selon l'hypothèse pessimiste retenue dans ce projet (+0,51 m), est donc loin de conduire à des inondations comparables à celles de 2001 et 1994 pour leurs conditions hydrologiques respectives.

oOo

1. INTRODUCTION

La réalité d'un changement climatique suite à l'émission anthropique de GES (Gaz à Effet de Serre) fait désormais l'objet d'un consensus bien affirmé (Houghton et al., 2001). Il repose sur la convergence de nombreux éléments :

- Les tendances de température au cours des derniers siècles (e.g. Mann et al., 1998) ;
- La comparaison de ces tendances avec la variabilité naturelle du système climatique (e.g. IDAG, 2005) ;
- Les simulations numériques, par des modèles de circulation générale, du changement climatique qui pourrait résulter d'augmentations variées des gaz à effet de serre.

Les MCG (Modèles de Circulation Générale) couplés océan/atmosphère sont capables de reproduire de manière réaliste les principales caractéristiques à grande échelle du climat actuel et constituent les meilleurs outils actuellement disponibles pour appréhender l'évolution future du climat en réponse aux émissions de GES.

Les simulations synthétisées dans le troisième rapport du GIEC (Groupe International d'Experts sur le Climat; Houghton et al., 2001) montrent ainsi que la température moyenne de la surface du globe pourrait augmenter de 1,5 à 6,0°C d'ici à 2100, cette fourchette représentant l'incertitude liée à l'évolution des émissions de gaz à effet de serre et aux modèles de circulation générale.

Quand on s'intéresse à l'échelle régionale et au cycle de l'eau, comme c'est le cas pour les études d'impact hydrologique, on se trouve cependant confronté à deux problèmes : l'augmentation des incertitudes sur le changement climatique (e.g. Kittel et al., 1998) et les biais significatifs, à l'actuel, des variables traditionnelles du climat local.

En se basant sur de nouvelles méthodes de désagrégation des MCG couplés océan/atmosphère, le projet REXHySS propose d'évaluer l'impact du changement climatique d'origine anthropique sur les extrêmes hydrologiques et ce à l'échelle des bassins versants de la Seine et de la Somme.

Le projet REXHySS est financé pour deux ans (2007-2009) par le programme "Gestion et Impact du Changement Climatique" du MEEDDAT. La coordination de ce programme est assurée par le GIP Ecofor, et celle du projet par Agnès Ducharne, chargée de recherche CNRS à l'UMR Sisyphe.

Sur la base des conclusions des volets V1 à V3 du projet REXHySS, le présent rapport détaille l'ensemble des travaux effectués par SOGREAH à l'aide du modèle numérique 1D de la Somme en sa possession dans le cadre du volet V4.

oOo

2. PRESENTATION DU PROJET REXHYSS

2.1. OBJECTIFS DU PROJET REXHYSS

L'objectif du projet RExHySS est d'évaluer l'impact du changement climatique d'origine anthropique sur les extrêmes hydrologiques dans les bassins versants de la Seine et de la Somme. Les connaissances que ce projet propose de développer visent à aider l'ONERC (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique) dans sa mission d'élaboration d'une politique d'adaptation à l'effet de serre.

Il s'intéresse ainsi aux effets du changement climatique sur deux grands hydro-systèmes fluviaux français, celui de la Seine et de la Somme, où les enjeux socio-économiques sont particulièrement importants, notamment dans le secteur de l'eau. Si ces hydro-systèmes permettent de subvenir aux différents usages de l'eau en situation normale, notamment d'un point de vue quantitatif (eau potable, prélèvements agricoles, navigation, etc.), ils s'avèrent en revanche particulièrement sensibles aux extrêmes hydrologiques. Qu'en sera-t-il des étiages et des inondations dans les bassins de la Seine et de la Somme dans le futur ? Et qu'elles en seront les conséquences économiques ?

Les extrêmes hydrologiques étant évidemment conditionnés par les extrêmes météorologiques, le projet RExHySS apporte dans ce sens une méthodologie nouvelle afin de répondre à la question précédemment posée. En effet, plutôt que de se limiter au seul changement moyen, il propose d'étudier l'impact du changement climatique dans toute sa variabilité (modélisations climatologiques, hydrogéologiques, et hydrauliques) en utilisant deux nouvelles méthodes de désagrégation intervenant au niveau de la modélisation atmosphérique.

Lors de l'étude de modélisation hydraulique de la Somme, menée entre 2003 et 2005 pour le compte de l'AMEVA, « Syndicat mixte d'aménagement hydraulique du bassin versant de la Somme » [1], SOGREAH a élaboré un modèle hydraulique filaire maillé de la Somme s'étendant de Péronne à Saint-Valéry-sur-Somme. Ce modèle établi dans le but de représenter le champ d'inondation de la Somme s'avère particulièrement adapté aux problématiques d'inondabilité abordées par RExHySS.

SOGREAH a ainsi proposé d'utiliser ce modèle dans le cadre du projet RExHySS pour étudier l'impact du changement climatique sur les inondations dans la vallée de la Somme. Ces travaux s'inscrivent dans le volet V4 du projet RExHySS.

2.2. DEROULEMENT DU PROJET REXHYSS

Le volet V1 du projet RExHySS a consisté à simuler des scénarios de changement climatique à l'aide de différents modèles climatiques utilisant différentes méthodes de désagrégation et d'après plusieurs scénarios d'émission de gaz à effet de Serre.

A la suite de cela, les variables en sortie des modèles climatiques ont servi de données d'entrée à plusieurs modèles hydrologiques de la Seine et de la Somme (Volet V2). Les débits, l'humidité du sol et les niveaux piézométriques résultants des simulations hydrogéologiques ont alors été analysés, ces travaux font l'objet du volet V3.

Initialement, les crues caractéristiques de certaines périodes de retour en situation de climat actuel et sous changement climatique devaient être identifiées dans le volet V3 et les hydrogrammes correspondants devaient alimenter les modèles hydrauliques du volet V4 pour analyser l'impact du changement climatique sur l'extension des inondations dans des zones clés

des bassins (vallée de la Somme en amont d'Abbeville, corridor fluvial de la Seine, incluant Paris et pleine alluviale de la Bassée).

Nous verrons, dans les paragraphes suivants, comment les conclusions établies au terme des volets V2 et V3 nous ont amenés à revoir le programme de travail initialement prévu dans le cadre du volet V4 et notamment celui de SOGREAH.

En parallèle, l'analyse des extrêmes hydrologiques en termes d'étiage, au niveau du volet V3, a permis d'établir dans le cadre du volet V5 les impacts sur la production agricole et la pollution par les nitrates, en prenant notamment en compte les changements induits par l'adaptation de l'irrigation au changement climatique.

Le dernier volet de ce projet a été dédié aux rétroactions entre les changements de l'hydro-système et les systèmes sociaux. De premiers résultats ont d'ailleurs été diffusés en novembre 2008 aux acteurs de l'aménagement du territoire et de la gestion de l'eau dans les bassins versants étudiés, sous une forme adaptée pour leur permettre une expertise socio-économique

2.3. PROGRAMME DE TRAVAIL DU VOLET V4

Au terme de l'analyse menée dans le volet V3, les résultats des modèles climatologiques et hydrogéologiques, devant servir de données d'entrée au modèle hydraulique, indiquent à l'horizon 2100 :

- Une tendance claire sur les étiages qui devraient être plus sévères qu'actuellement ;
- Une tendance moins claire sur les crues qui ne devraient cependant pas accuser de nette augmentation de leurs débits associés à chaque période de retour donnée.

En regard de ces résultats, l'étude de scénarios d'inondations sous changement climatique comme initialement prévu a donc été clairement remise en question.

De plus, le modèle CARIMA-1D de la Somme disponible à SOGREAH n'ayant pas été construit et validé pour une utilisation en période d'étiage, la simulation de ce type de scénarios a donc été écarté.

Afin d'étudier l'impact du changement climatique sur l'hydraulique du bassin de la Somme, il nous a donc fallu adapter la méthodologie initialement prévue. **Nous avons donc proposé d'étudier différents scénarios dans lesquels le paramètre influencé sous changement climatique n'est plus le débit de la Somme mais le niveau moyen de la Manche aux abords de la Baie de Somme.**

oOo

3. DESCRIPTION DU MODELE DE LA SOMME DEVELOPPE PAR SOGREAH

Avant de s'attacher à comprendre l'influence de l'élévation du niveau moyen de la mer sur les inondations dans la basse vallée de la Somme, nous fournissons dans ce paragraphe une description du modèle CARIMA-1D de la Somme développé par SOGREAH.

3.1. HISTORIQUE DU MODELE DE LA SOMME

La vallée de la Somme a été frappée, au cours de l'année 2001, par des inondations de grande ampleur. Un cumul de précipitations sur l'ensemble du bassin versant, d'octobre 2000 à avril 2001, jamais constaté depuis plus d'un siècle, en est en partie la cause. Le phénomène occasionne, à son paroxysme, atteint à la mi-avril, l'évacuation de plus de 1100 personnes et touche plus de 100 communes, 2800 maisons, 20 routes et la voie ferrée entre Abbeville et Amiens.

Ces inondations ont mis en évidence une vulnérabilité importante au sein du champ d'expansion de la crue, et ce pendant une durée inhabituelle due à un mécanisme de vidange de nappe particulièrement lent.

A la suite des inondations de 2001, plus de 300 communes de la Somme se sont regroupées au sein du Syndicat mixte d'aménagement hydraulique du bassin versant de la Somme, l'AMEVA. L'objectif de cette structure, dont le fonctionnement est pris en charge par le Conseil Général de la Somme, est de lancer des études hydrauliques pour mieux comprendre et modéliser le processus des inondations. Les résultats doivent permettre aux différentes collectivités membres de lancer sous leur maîtrise d'ouvrage les travaux adéquats.

L'Etude de Modélisation Hydraulique de la Vallée de la Somme [1] dans le cadre de laquelle a été élaboré le modèle numérique de la Somme s'inscrit dans ce programme. Elle a été réalisée par SOGREAH de février 2003 à novembre 2005 pour le compte de l'AMEVA.

3.2. CARACTERISTIQUES DU MODELE DE LA SOMME

3.2.1. EMPRISE DU MODELE

Sur la Somme, le modèle s'étend du siphon des Halles, à l'aval de Péronne, jusqu'au débouché dans la baie de Somme, à Saint-Valéry-sur-Somme.

En outre, les tronçons aval de quatre affluents importants ont été modélisés sur quelques kilomètres :

- 2 km pour l'Hallue, en partant de Bussy-lès-Daours ;
- 6 km pour l'Avre, au départ du pont prussien en aval de Boves ;
- 2 km pour la Selle, en partant du Petit Saint-Jean ;
- 2 km pour la Nièvre, au départ de l'aval de Flixecourt.

Les autres apports ne sont pas modélisés mais leur contribution au débit est prise en compte via un apport ponctuel de quantité d'eau dans le modèle. Il s'agit de :

- L'Ancre, à Corbie (rive droite) ;
- Le Saint-Landon, à Hangest-sur-Somme (rive gauche) ;

- La rivière d'Airaines, à Longpré-les-Corps-Saints (rive gauche) ;
- La Bellifontaine, à Bray les Mareuil (rive gauche) ;
- Le Scardon, à Abbeville (rive droite) ;
- La Trie, à Gouy (rive gauche).

3.2.2. CONSTITUTION DU MODELE

3.2.2.1. PRESENTATION DU CODE DE CALCUL

Le code de calcul utilisé pour modéliser la dynamique des écoulements superficiels dans la vallée de la Somme est CARIMA. Il s'agit d'un système complet de calcul des écoulements à surface libre des régions fluviales (rivières et zones inondables) développé par SOGREAH.

Ce modèle permet de modéliser des écoulements maillés (prise en compte de différents bras de rivière), des casiers d'inondations et de prendre en compte les obstacles à l'écoulement en lits mineur et majeur (moulins, digues, ponts, remblais, ...).

La représentation du terrain est basée sur :

- Les données topographiques :
 - ⇒ Lit mineur : profils en travers et en long ;
 - ⇒ Lit majeur : plans photogramétriques, cartes IGN ;
- La géométrie des ouvrages (vannages, écluses, siphons, digues, etc.).

Le modèle est complété par le module de régulation CASCADE qui permet de représenter le fonctionnement des ouvrages mobiles tels que barrages et écluses.

3.2.2.2. ORGANISATION GENERALE DU MODELE

Le modèle de la Somme permet de simuler les écoulements dans les réseaux de canaux et rivières (ou « lit mineur ») ainsi que les plaines inondables (ou « lit majeur »).

Deux types de représentation ont été combinés pour l'établissement du modèle :

- Une représentation monodimensionnelle des biefs du lit mineur ;
- Une représentation en casiers du champ d'expansion des crues.

Le modèle mathématique constitue une représentation discrétisée de la Somme et de ses affluents, c'est-à-dire que les résultats obtenus ne sont connus qu'en un nombre fini de point appelés points de calcul.

En chacun de ces points, le logiciel fournit après calcul divers renseignements selon le type de points :

- Points de calcul du lit mineur : niveau d'eau, débit transitant, vitesse ;
- Points de calcul du lit majeur : niveau d'eau, surface du plan d'eau associée, débit transitant entre les points du lit majeur.

Les paragraphes suivant détaillent les deux modes de représentation évoqués ci-dessus.

3.2.2.3. CONSTITUTION DU LIT MINEUR

La représentation choisie prend pour hypothèse une organisation préférentielle de l'écoulement de crue le long de l'axe longitudinal du bief (Somme canalisée et bras de décharge, contre canaux, affluents, etc.).

Ce choix suffit au degré de précision recherché sur les résultats sur ces tronçons, à savoir le calcul des temps de propagation des crues et des niveaux d'eaux atteints à un instant donné.

Les vecteurs d'écoulement principaux sont alors modélisés à partir de profils en travers, qui sont reliés par des liaisons de type frottement ou singularités.

Au total, sur l'ensemble des lits mineurs, le modèle est constitué de 2217 points de calcul correspondant à des profils en travers.

Les liaisons entre les points de calcul sont décrites par des tronçons traduisant des pertes de charge régulières (frottement) ou singulières (ouvrages) :

1) *Tronçons de pertes de charge régulières*

Chaque tronçon du lit mineur est défini entre deux points de calcul et est caractérisé par sa longueur.

Les rugosités associées aux points de calcul du modèle hydraulique de la Somme sont représentées par un coefficient de Strickler K . Les valeurs utilisées varient entre 6 et 45, les extrema étant utilisés pour les fossés ($K = 6$) et pour les bras éclusiers principalement ($K = 45$).

Un coefficient supplémentaire permet, dans la description du tronçon séparant deux points de calcul, de tenir compte d'un effet de contraction ou de divergence. Ce coefficient permet d'ajuster la perte de charge.

2) *Tronçons de pertes de charge singulières*

Deux types d'ouvrages sont modélisés, les ouvrages d'art et les vannages.

Le principe de modélisation est le même pour les deux, c'est-à-dire que l'on décrit la section débitante de l'ouvrage, celle-ci pouvant être divisée en sous-sections.

Au total, tous les points de calcul du lit mineur sont liés entre eux par 1769 tronçons de pertes de charge régulières et 136 tronçons de pertes de charge singulières, dont 37 pour les ouvrages mobiles.

3.2.2.4. CONSTITUTION DU LIT MAJEUR

La discrétisation du lit majeur est réalisée par une série d'entités surfaciques dénommées casiers qui communiquent entre elles via des liaisons hydrauliques. Un point de calcul est associé à chacun d'entre elles.

Le découpage des casiers s'effectue en fonction des limites naturelles telle que les routes, les digues, les fossés ou le modelé de la topographie naturelle.

Ils ont d'une part été délimités à partir d'un fond de plan IGN au 1/25000^{ème} qui servira de support à la cartographie et sont d'autre part définis à partir de la photogrammétrie mise à disposition.

Les limites des casiers obéissent aux règles suivantes :

- Les obstacles structurants, tels que les remblais SNCF ou routiers, les bourrelets de berge, les pieds de coteau, constituent systématiquement une limite de casier ;

- Les plans d'eau en liaison directe avec la Somme sont considérés comme des casiers et ce, dans la mesure où ils peuvent constituer un vecteur d'expansion des crues dans le lit majeur.

Pour plus de sécurité, l'emprise totale des casiers sur la Vallée de la Somme est choisie plus vaste que celle des zones inondables du PPRI de la Vallée de la Somme.

Une fois le découpage en casiers de l'ensemble de la zone inondable réalisé, une loi $A = f(Z)$ est définie pour chacun d'entre eux, à partir des planches photogrammétriques, A étant la surface du casier situé sous la cote Z . Le logiciel traduit ensuite chaque niveau d'eau calculé en volume effectivement stocké.

Par mesure de sécurité, la limite altimétrique des casiers se trouve au moins un mètre au-dessus de la limite de la zone inondable.

Le modèle est composé de 743 casiers.

Les liaisons du lit mineur vers le lit majeur sont définies, pour la Somme canalisée et ses bras de décharge (Vieille Somme) à partir du levé du profil en long des berges de la Somme. Pour les lits mineurs n'ayant pas fait l'objet d'un levé de berges (fossés, contre-fossés, canal d'assèchement et affluents), les liaisons ont été définies à partir des profils en travers et/ou de la photogrammétrie. Elles sont de deux types :

- De type frottement pour décrire le processus de débordement naturel, sur le chemin de halage puis sur les terrains adjacents au même niveau ;
- De type déversoir pour décrire le processus de débordement par-dessus un bourrelet de berge.

Les liaisons dans le champ d'expansion de crue entre les casiers sont définies à partir de la photogrammétrie. Elles sont de deux types :

- De type frottement : elles représentent alors le niveau à partir duquel un écoulement vers le casier adjacent est possible, et le frottement s'opérant sur les écoulements entre les centres des deux casiers ;
- En cas de présence d'un remblai, d'une digue ou d'une route surélevée, les liaisons sont de type déversoir. Les ouvrages de décharge, s'ils existent, sont également modélisés dans la liaison.

Au total, 1764 liaisons entre points du lit majeur ont été créées.

3.2.2.5. LES CONDITIONS AUX LIMITES DU MODELE

Les points de calcul se situant aux limites amont et aval du modèle sont définis par des conditions aux limites décrites dans un fichier de calcul.

3.2.2.5.1. CONDITIONS A LA LIMITE AMONT

Chaque point amont d'un lit mineur (Somme à Péronne et les 4 affluents modélisés) constitue un point d'entrée de débit. Ce débit peut prendre la forme d'une valeur constante pour les calculs en régime permanent ou d'un hydrogramme de crue, réel ou synthétique selon la crue simulée, en régime transitoire. Ils sont issus de l'étude hydrologique.

La station de Péronne se situe juste en amont du siphon des Halles, ouvrage de passage de la Somme naturelle sous le canal du Nord. L'évaluation du débit par la DIREN se fait à partir de la perte de charge mesurée au siphon. Une courbe de tarage donne effectivement le débit en fonction de la perte de charge. Celle-ci a été établie grâce à la géométrie du passage en charge et

est constamment réajustée par la DIREN lors de campagnes de jaugeages. Le débit décennal donné par la DIREN est de 17 m³/s, avec un intervalle de confiance à [15;25].

Le CETE Normandie-Centre, LRPC de Blois a donné une estimation du débit décennal à Péronne à l'aide de l'application de la formule CRUPEDIX. Il est de 16,2 m³/s.

La méthode SPEED développée par SOGREAH, fondée d'une part sur une analyse particulière et régionale des pluies et d'autre part sur la relation mise en évidence par SOGREAH entre pluie et débit de crue, donne une évaluation du débit décennal à Péronne. Il est ainsi de 20 m³/s.

Les débits décennaux évalués se situent dans une même gamme de valeurs et laissent paraître une bonne qualité de jaugeage au siphon des Halles.

3.2.2.5.2. CONDITIONS A LA LIMITE AVAL

Les deux débouchés en mer (canal maritime et contre-canal maritime), sont définis par une condition limite aval qui n'est autre que la marée. Mais cette condition est interférée par les ouvrages situés au débouché. En effet, à l'aval du canal maritime se trouvent deux barrages de part et d'autre d'un bassin à marée (barrages supérieur et inférieur de Saint-Valéry-sur-Somme) qui fonctionnent en série comme les deux portes d'une écluse. A l'aval du contre-canal se trouve une porte à flot.

En période normale, la porte à flot est ouverte et les deux barrages fonctionnent comme une écluse, le barrage supérieur ne s'ouvrant qu'au passage de bateaux.

En période de crue, les capacités d'évacuation des ouvrages sont utilisées au maximum. Le barrage supérieur est toujours ouvert, le barrage inférieur n'est fermé que pendant les périodes où cela est indispensable, c'est-à-dire au maximum deux heures autour de la haute-mer, en marée de vives-eaux et avec un niveau élevé dans le canal. Il n'est pas nécessaire de fermer les portes au cours du cycle de marée pour des coefficients inférieurs à 85.

La porte à flot du contre-canal continue de fonctionner comme en temps normal, ne se fermant que lorsque le niveau de la marée est supérieur au niveau dans le canal, pour ne pas aggraver la situation.

Dans le modèle, ces trois ouvrages sont modélisés de façon à représenter complètement la fermeture des ouvrages lorsque le niveau de la marée devient supérieur à celui du lit mineur.

Suite aux inondations de 2001, une troisième passe a été ajoutée à chacun des deux ouvrages (inférieur et supérieur) de l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme. Ces nouvelles passes permettent d'augmenter la capacité d'évacuation pendant les périodes de basses mers en cas de crue de la Somme. Leur caractéristiques sont les suivantes :

- Passe amont (YZ70) : radier à 0,52m ; largeur 8,20 m, ouverture maximale 6,30 m ;
- Passe aval (YZ72) : radier à 0,56m ; largeur 8,20 m ouverture maximale 6,50 m.

Ces deux passes sont elles aussi intégrées au modèle.

Le déversoir fixe existant entre le canal maritime et le contre-canal, juste en amont de l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme, a été remplacé par un ouvrage de régulation (type vanne casquette). Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Radier en position ouverte: 2,6 m ;
- Radier en position fermée: 5,0 m ;
- Largeur : 6,0 m ;
- Valeur de consigne : 4,50 m à l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme.

3.2.2.5.3. LES POMPAGES

Des pompages de délestage ont été réalisés au cours de la crue 2001 sur la Somme.

Ce type de dispositif est introduit dans le modèle de manière à respecter les bilans hydrauliques, à savoir une soustraction de débit dans le bief pompé et une injection de débit dans le bief où l'eau est rejetée.

Le pompage peut être mis en marche au temps désiré au cours de la simulation.

3.2.2.5.4. LES POINTS D'INJECTION DE NAPPE

Les crues de la Somme sont provoquées, pour une part importante, par les apports de la nappe phréatique. Ces apports diffus, tout au long du cheminement de la Somme, constituent l'essentiel du différentiel de débit entre la Somme amont à Péronne et l'exutoire à Saint-Valéry-sur-Somme.

La seule prise en compte des débits amont de la Somme à Péronne et de ses affluents ne permettrait pas d'obtenir les débits et les inondations observés en 2001. La composante hydrologique seule n'est pas suffisante pour la modélisation de ce bassin versant. Le modèle développé dans le cadre de cette étude doit donc pouvoir tenir compte de la composante hydrogéologique.

Dans le cadre de l'étude de modélisation [1], cette composante hydrogéologique a été étudiée par le BRGM. Pour analyser la contribution de chaque sous-bassin ou partie de sous-bassin aux débits de la Somme, le BRGM a recouru à une approche analytique qui consiste à décrire le milieu souterrain et le milieu de surface. Un modèle maillé des eaux souterraines sur l'ensemble de la Vallée de la Somme a alors été construit à l'aide du logiciel MARTHE, logiciel de modélisation hydrogéologique.

Les points d'injection de nappe du modèle de la Somme, au niveau desquels sont pris en compte les débits calculés par le modèle Marthe du BRGM, sont répartis entre tous les lits mineurs modélisés (370 points au total).

Les débits calculés par le modèle MARTHE sur les affluents (autres que ceux déjà modélisés) ont été injectés à la confluence de ceux-ci avec la Somme.

3.3. CALAGE DU MODELE DE LA SOMME

Le modèle numérique a été calé en deux temps : dans un premier temps pour une situation non débordante (débit considéré comme débit moyen annuel) et complété par la suite au niveau du lit majeur pour la crue de 2001.

3.3.1. SIMULATION DU DEBIT MOYEN INTERANNUEL

Le fonctionnement par bief est correctement modélisé sur la Somme canalisée et, pour des positions d'ouvrages réalistes et cohérentes avec les règles de gestion de la DDE 80 (écluses fermées, ouvrages non effacés), les niveaux de navigation sont correctement maintenus. Le débit obtenu à Abbeville par le modèle est de 34,3 m³/s.

Pour la totalité des points, les différences entre modèle et mesures sont inférieures à 5 cm.

Le **[Tableau 1]** ci-dessous fournit les cotes par biefs. L'indication des écluses (amont/aval) est aussi donnée.

Ecluses		Biefs	Niveaux calculés (m NGF)	N.N.N. (m NGF)	Ecart modèle / mesures (m)
Méricourt	Amont	De Méricourt	35.69	35.72	-0.03
	Aval	De Sailly-Laurette	33.86	33.90	-0.04
Sailly-Laurette	Amont		33.82	33.80	0.02
	Aval	De Corbie	30.87	30.87	0.00
Corbie	Amont		30.76	30.72	0.04
	Aval	De Daours	28.11	28.15	-0.04
Daours	Amont		28.05	28.05	0.00
	Aval	De Lamotte-Brebière	24.85	24.88	-0.03
Lamotte-Brebière	Amont		24.76	24.78	-0.02
	Aval	d'Amiens	23.56	23.55	0.01
Amiens	Amont		23.34	23.35	-0.01
	Aval	De Montières	19.13	19.16	-0.03
Montières	Amont		19.06	19.06	0.00
	Aval	D'Ailly-sur-Somme	16.39	16.35	0.04
Ailly-sur-Somme	Amont		16.21	16.25	-0.04

Tableau 1 : Comparaison des résultats calculés avec les niveaux normaux de navigation.

3.3.2. SIMULATION DE LA CRUE DE 2001

D'octobre 2000 à avril 2001, la Vallée de la Somme a reçu des précipitations exceptionnelles, non pas par leur intensité mais par leur durée et leur cumul, double de la normale sur l'ensemble de la vallée de la Somme. Nous en rappelons succinctement l'historique :

- Début octobre, le niveau de la nappe d'eau souterraine est déjà relativement élevé suite à deux années assez humides ;
- Les pluies d'octobre saturent les sols et celles qui suivent, de novembre à janvier, entraînent une nouvelle augmentation des niveaux de nappe, alors comparables à ceux atteints lors de la crue de 1994 – 1995 ;
- En mars 2001, la Vallée de la Somme subit 26 jours de pluie : les niveaux de nappe montent encore ;
- Les pluies d'avril contribuent à maintenir ces niveaux de nappe élevés et donc les débits drainés par la Somme et ses affluents.

Sur le plan des dommages, on signale en début de crue des inondations de caves, comme souvent en hiver. Mais les problèmes d'inondations ne s'arrêtent pas là, et à partir de mars, on assiste à des mouvements de terrain localisés. Les débits et les niveaux dans les cours d'eau continuent de monter, certes lentement, mais jusqu'à atteindre des valeurs exceptionnelles en avril 2001.

Les niveaux de nappe étant très élevés, la décrue est très lente et les terrains et habitations restent inondés pendant deux mois après le maximum de la crue.

Le modèle a été calé d'après les laisses de crues relevées en novembre 2001 dans le lit majeur, et les cotes des plus hautes eaux observées en lit mineur, également relevées en 2001.

Dans le modèle, en ce qui concerne le lit mineur, sur les 91,5 kilomètres compris entre l'amont du canal et l'écluse d'Abbeville, 88 kilomètres sont calés à $\pm 0,05$ m. L'allure générale des lignes d'eau est très proche des cotes de Plus Hautes Eaux, reflétant la bonne représentation des différents phénomènes physiques par le modèle. Il existe parfois des écarts de niveaux mais ils sont toujours soit très localisés, soit de très faible valeur, et leur importance est donc réduite.

Sur les 265 casiers pour lesquels nous possédions une valeur de laisse de crue :

- 163 sont calés à plus ou moins 10 centimètres, soit 62% ;
- 227 sont calés à plus ou moins 25 centimètres, soit 86% ;
- 262 sont calés à plus ou moins 50 centimètres, soit 99%.

Le modèle CARIMA-1D de la Somme est donc un outil numérique adapté à la représentation des champs d'inondation de la vallée de la Somme entre Péronne et Saint-Valéry-sur-Somme et ce notamment pour l'évènement de 2001, le plus important connu à ce jour dans la vallée de la Somme.

3.4. ETAT DE REFERENCE DU MODELE DE LA SOMME

Lors de l'étude de modélisation de la Somme, un modèle hydraulique unidimensionnel de la Somme entre Péronne et Saint-Valéry-sur-Somme a été construit et validé sur la base des données disponibles pour la crue de 2001. Les travaux réalisés à la suite des inondations de 2001 ont par la suite été intégrés au modèle afin d'obtenir un état dit de référence. Il s'agit soit de réfections ou de créations d'ouvrages, soit de modifications du lit de la Somme (rehausse de berges, modifications de profils en travers dans le lit mineur...).

En cohérence avec l'étude de modélisation, nous nommerons donc, « état calage » la configuration de la vallée de la Somme telle que représentée dans le modèle utilisé lors de l'étape de calage et « état de référence » la configuration de la vallée de la Somme correspondant à l'année 2005 après travaux.

oOo

4. SIMULATIONS REALISEES A L'AIDE DU MODELE CARIMA-1D DE LA SOMME DANS LE CADRE DU VOLET V4

La méthodologie d'étude et les résultats obtenus dans le cadre du volet V4 de REXHySS sont décrits dans les paragraphes à la suite.

4.1. INFLUENCE DE LA CONDITION LIMITE MARITIME SUR L'ÉVACUATION DES EAUX DE LA SOMME EN CRUE

Comme déjà évoqué dans ce rapport, l'exutoire du canal maritime de la Somme se trouve au niveau de l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme. Elle se compose d'un double barrage disposé de part et d'autre d'un immense bassin à marée.

Afin d'éviter l'intrusion d'eau dans le canal maritime à marée haute et éviter une vidange trop importante du canal à marée basse, les portes et les vannages des écluses supérieures et inférieures sont manœuvrés au-delà d'un coefficient de marée de 85. Ces manœuvres peuvent alors limiter l'évacuation des eaux en cas de crue de la Somme.

La [Figure 1] ci-dessous illustre le fonctionnement de cet ouvrage au cours d'une marée :

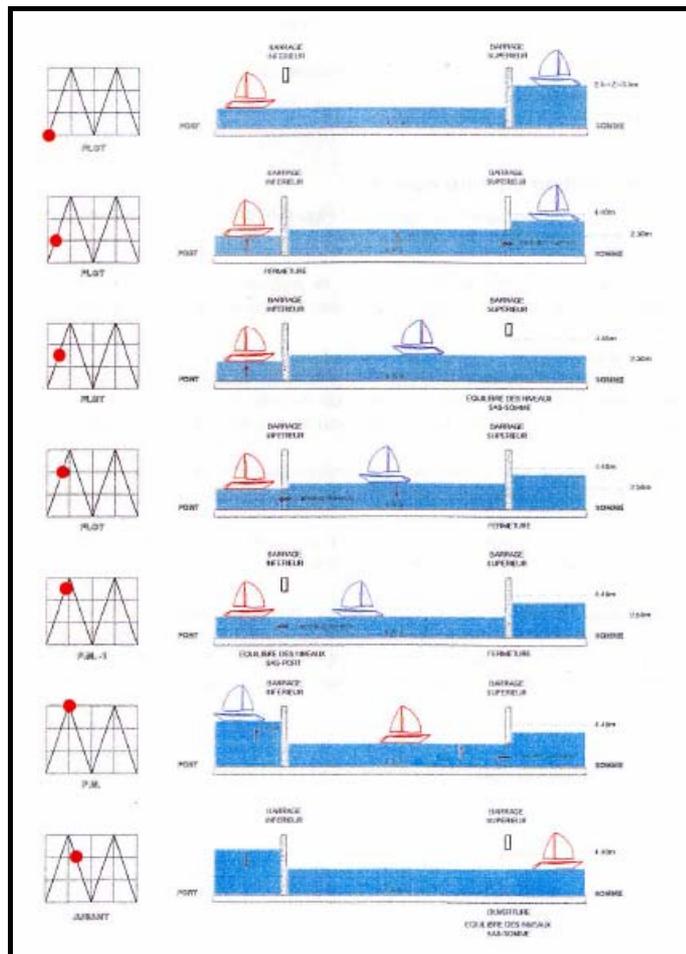


Figure 1 : Schématisation du fonctionnement de l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme.

4.1.1. EVACUATION DES EAUX DE LA SOMME EN CRUE DANS LA MANCHE

En cas de crue, les capacités d'évacuation des ouvrages sont utilisées au maximum.

L'ouvrage aval reste ouvert en permanence. Les portes de la passe navigable et la vanne de la passe hydraulique de l'ouvrage amont restent ouvertes tant que le niveau des hautes eaux le permet. Elles sont fermées en situation de marée de vives eaux (coefficient supérieur à 85) pour éviter un refoulement de la mer dans le canal.

L'écluse n'étant pas munie de station de pompage, l'interruption de l'écoulement à la mer durant les marées hautes provoque un stockage d'eau dans le bassin à marée qui se traduit par un rehaussement de la ligne d'eau du canal. Il en résulte alors un remous perceptible à Abbeville qui peut atteindre 38 cm pour un coefficient de marée de 100. La fermeture peut alors atteindre deux heures autour de la pleine mer, tandis qu'elle n'est pas nécessaire au cours d'un cycle de marée de coefficient inférieur à 85. Le contre-canal est également muni d'une porte à flots, au niveau de son débouché en mer, qui fonctionne selon le même principe.

Ainsi, en 2001, la fermeture des vannages lors des grandes marées avait entraîné une hausse de la ligne d'eau importante dans le canal maritime et le contre canal ressentie jusqu'en amont de Saint Rémy. Il a été démontré à l'aide du modèle numérique que l'eau stockée dans le bief en amont des écluses à marée haute lors de la fermeture de l'écluse ne pouvait pas s'évacuer entre deux pleines mers. La capacité de l'ouvrage de Saint-Valéry-sur-Somme étant insuffisante dans le temps imparti.

Suite à ces inondations de 2001, une troisième passe a été ajoutée à chacun des deux ouvrages (inférieur et supérieur) de l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme. Ces passes permettent d'augmenter la capacité d'évacuation pendant les périodes de basses mers, en cas de crue de la Somme. Pour une crue équivalente à celle de 2001, l'ajout de ces troisièmes passes devrait ainsi permettre d'évacuer la totalité des eaux stockées à marée haute dans le canal maritime pendant le temps de fermeture de l'écluse.

Toutefois, en augmentant encore le temps de fermeture des ouvrages de Saint-Valéry-sur-Somme, l'élévation du niveau moyen de la Manche sous changement climatique pourrait avoir une influence notable d'une part sur l'évacuation des crues de la Somme et d'autre part sur l'exploitation des ouvrages.

Dans le cadre du projet REXHYSS, et sur la base des conclusions des volets 1 à 3 présentant une non-modification des débits extrêmes de crue, nous avons donc travaillé sur l'influence du changement climatique sur la condition limite maritime et sur l'inondation des terrains en amont de l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme.

4.1.2. DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE EN AMONT SE SAINT-VALÉRY-SUR-SOMME

La partie de la Somme dénommée Somme Maritime s'étend de l'aval d'Abbeville à l'exutoire de la Somme en Manche au droit de Saint-Valéry-sur-Somme, soit environ 14 km. En réalité c'est un linéaire de presque 30 km s'étendant bien au-delà de Saint-Rémy-sur-Somme qui est soumis du fait des périodes de fermetures des écluses de Saint-Valéry-sur-Somme à l'influence des conditions de marée en Manche.

Afin de comprendre les écoulements en jeu et leur répartition entre Pont Rémy et Saint-Valéry-sur-Somme, nous fournissons à la suite une rapide description du terrain et des biefs.

La zone située entre Pont Rémy et Abbeville, 10 km environ, se situe dans la basse vallée de la Somme. La somme est ici une rivière canalisée, ponctuée d'écluses et de bras de décharge (anciens bras de Somme) et souvent bordée d'un ou plusieurs contre-fossés ayant une fonction de drainage. Le lit majeur est, ici encore, constitué d'étangs provenant souvent de l'extraction de la tourbe. On trouve aussi beaucoup de marais et de prairies inondables, surtout en Basse Vallée. En général, ces annexes hydrauliques sont séparées de la Somme par le chemin de halage.

Les connexions entre la Somme et le lit majeur se font par le biais des contre-fossés et des bras de décharge. On rencontre également des connexions directes avec les marais dans la Basse Vallée. Ces liaisons, souvent situées en aval des terrains qu'ils drainent, confèrent au drain des niveaux plus bas que la Somme canalisée. En période de crue, ces liaisons, censées normalement drainer l'eau des terrains vers la Somme, contribuent au remplissage du lit majeur.

Pour limiter les débordements, les ouvrages des bras de décharge sont ouverts. L'écoulement est ainsi favorisé, ce qui permet de réduire la montée des eaux dans la Somme canalisée.

Outre ces inondations par débordement des cours d'eau, des remontées de nappe ont pu submerger des terres et des infrastructures en fond de vallée et envahir des caves lors des inondations récentes. Le lit majeur était alors alimenté par les débordements de la Somme canalisée ou de ses drains et/ou par la nappe phréatique.

Les liaisons transversales en lit majeur entre les marais et les étangs au droit des routes perpendiculaires à l'écoulement général créent une perte de charge plus ou moins grande suivant leur élévation et le gabarit hydraulique des ouvrages les traversant.

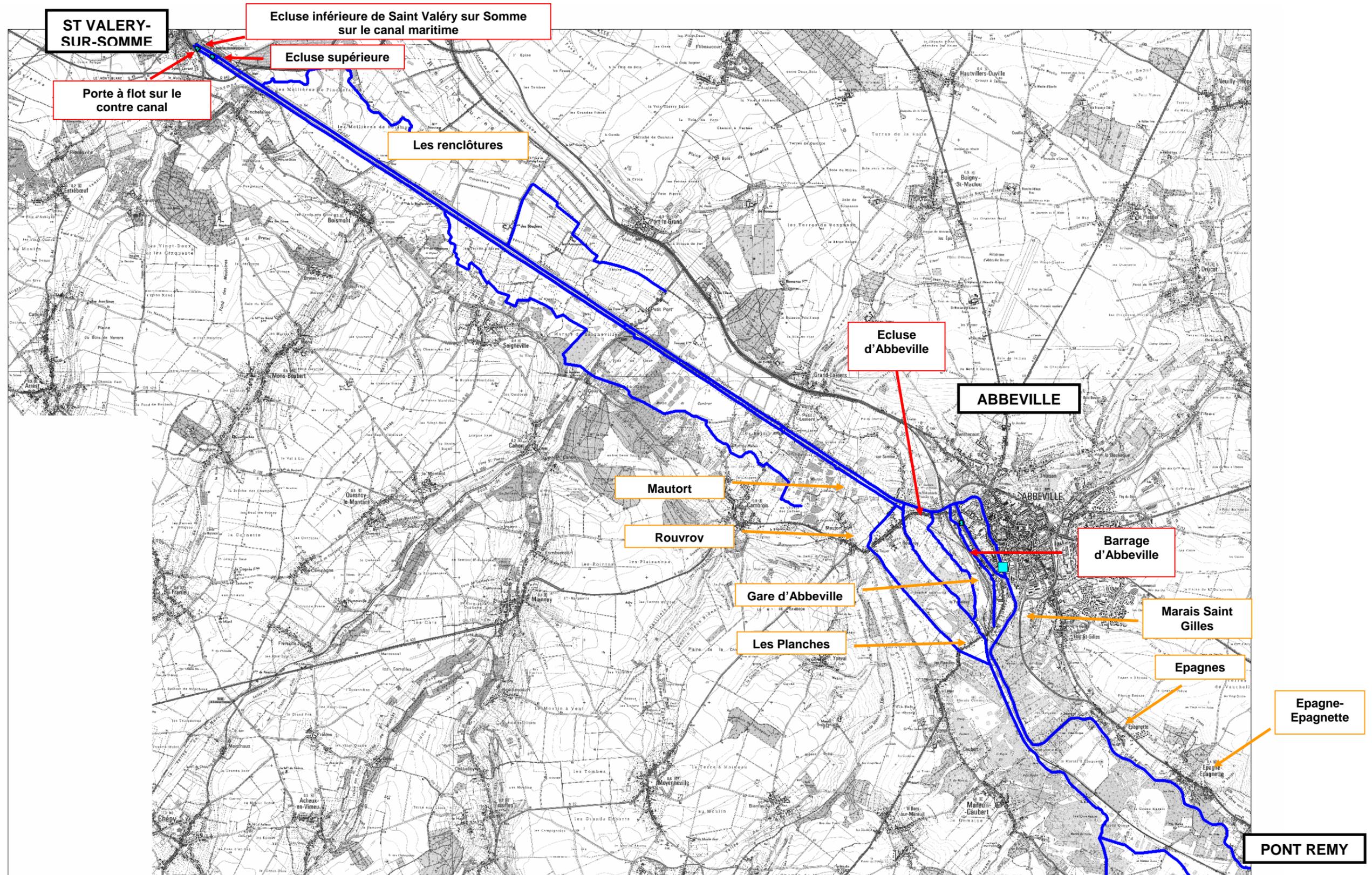
Plus en aval, la Somme maritime, entre Abbeville et Saint-Valéry-sur-Somme, résulte d'endiguements successifs et du comblement du fond de l'estuaire à la suite de ces aménagements.

En rive gauche s'écoule le contre-canal qui, grâce à son niveau inférieur, draine les terrains de la vallée et reçoit les affluents de la Somme, sur la même rive. Le lit majeur est un vaste ensemble de prairies séparées par des fossés qu'on appelle renclôtures.

Il existe plusieurs liaisons entre le canal maritime et le contre-canal. La dernière, un déversoir, permet au canal de se déverser lorsque son niveau est supérieur au niveau normal de navigation.

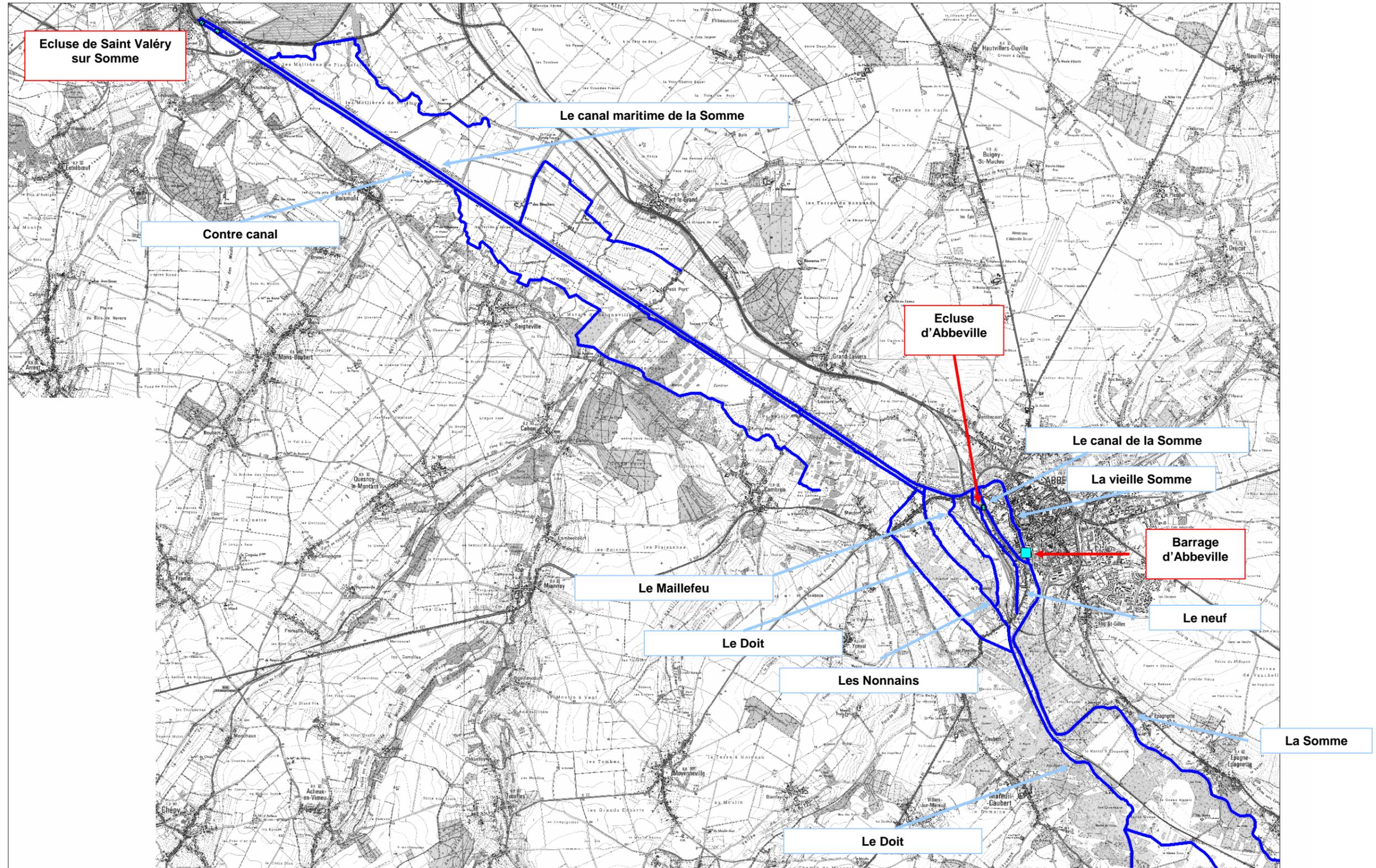
Le débouché en mer est assuré par l'écluse maritime de Saint-Valéry-sur-Somme. Elle se compose d'un double barrage disposé de part et d'autre d'un immense bassin à marée.

Le secteur d'Abbeville est présenté sur les **[Figure 2]** et **[Figure 3]** ci-après.



Echelle 1/ 120 000

Figure 2 : Vue du secteur d'Abbeville



Echelle 1/ 120 000

Figure 3 : Vue du réseau hydrographique dans le secteur d'Abbeville

4.2. INFLUENCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE NIVEAU MOYEN DES OCEANS

Les scénarios d'émission de gaz à effet de serre pris en compte dans les simulations climatologiques du volet V1 font partie de ceux retenus dans le cadre des travaux du GIEC 2007. Ainsi, afin d'assurer une certaine cohérence entre les travaux effectués dans ces premiers volets du projet et ceux proposés dans un second temps dans le volet V4, il a été décidé de reprendre les conclusions du GIEC 2007 en matière d'élévation du niveau moyen de la mer à l'horizon 2100 pour ces mêmes scénarios.

Le **[Tableau 2]** ci-dessous reprend les projections des valeurs moyennes de l'élévation du niveau moyen de la mer à la fin du XXI^{ème} siècle, à l'échelle du globe :

Cas	Variation de température (°C, pour 2090-2099 par rapport à 1980-1999) ^{a, d}		Élévation du niveau de la mer (m, pour 2090-2099 par rapport à 1980-1999)
	Valeur la plus probable	Intervalle probable	Intervalle basé sur les modèles sauf évolution dynamique rapide de l'écoulement glaciaire
Concentrations constantes, niveaux 2000 ^b	0,6	0,3 - 0,9	Non disponible
Scénario B1	1,8	1,1 - 2,9	0,18 - 0,38
Scénario A1T	2,4	1,4 - 3,8	0,20 - 0,45
Scénario B2	2,4	1,4 - 3,8	0,20 - 0,43
Scénario A1B	2,8	1,7 - 4,4	0,21 - 0,48
Scénario A2	3,4	2,0 - 5,4	0,23 - 0,51
Scénario A1FI	4,0	2,4 - 6,4	0,26 - 0,59

Tableau 2 : Projections des valeurs moyennes du réchauffement en surface et de l'élévation du niveau de la mer à la fin du XXI^e siècle, à l'échelle du globe (GIEC 2007, [2])

Ces projections ne tiennent compte ni des incertitudes liées aux rétroactions entre le climat et le cycle du carbone, ni des effets complets de l'évolution de l'écoulement dans les nappes glaciaires. Les valeurs supérieures des fourchettes ne doivent pas être considérées comme les limites supérieures de l'élévation du niveau de la mer.

Dans le volet V1 du projet REXHYSS, les scénarios B1 et A2 du GIEC2007 ont été étudiés. Les conclusions en matière d'élévation du niveau moyen des mers pour ces scénarios sont :

- Scénarios A1B : de 0,21 à 0,48 m ;
- Scénarios A1B : de 0,23 à 0,51 m ;

Nous avons ainsi retenu dans le cadre du volet V4 deux scénarios maritimes d'élévation du niveau moyen en Manche à l'horizon 2100 :

- Scénario optimiste avec 0,21 m d'exhaussement du niveau moyen ;
- Scénario pessimiste avec 0,51 m d'exhaussement du niveau moyen.

Dans le cadre du projet REXHYSS, les hypothèses de changement climatique sur la marée en mer de Manche sous changement climatique se limitent à l'évolution de son niveau moyen. Nous ne prenons donc pas en compte d'éventuelles modifications de l'amplitude et/ou de la phase des différentes ondes constitutives de la marée puisque outre le fait de rendre une telle étude beaucoup plus complexe, de telles considérations ne font pas encore l'objet de résultats exploitables à notre connaissance.

4.3. SCENARIOS TESTES

Pour chacun des deux scénarios maritimes retenus (**Paragraphe 4.2**), nous avons considéré deux scénarios hydrologiques :

- La crue de 2001 (crue historique, centennale à Abbeville).
- La crue de 1994 (crue décennale à Abbeville) ;

Afin d'évaluer l'impact du changement climatique, ces deux scénarios hydrologiques sont également simulés pour le niveau moyen actuel en Manche.

Un total de six simulations est donc réalisé : deux scénarios hydrologiques sur trois scénarios maritimes.

4.3.1. CONDITION HYDROLOGIQUE 1, CRUE DE 2001

4.3.1.1. CONDITION A LA LIMITE AMONT

Le débit de la crue de 2001 (95 m³/s à Abbeville), dominante crue « de nappe » et centennale à Abbeville, a été imposé en condition limite amont aux affluents dans le modèle.

4.3.1.2. CONDITION A LA LIMITE AVAL

Les états de l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme pour la période de décembre 2000 à décembre 2001 ont été obtenus dans le cadre de l'étude de modélisation [1] auprès de la subdivision navigation de la DDE 80. Ces états indiquent les niveaux de marée avec un pas de temps de 5 minutes et les horodates de fermeture/ouvertures de l'écluse.

Afin de prendre en compte des effets hydrauliques induits par la constitution et la vidange du prisme tidal à chaque cycle de marée, nous avons choisi de mener les simulations en régime transitoire.

Pour le choix du coefficient, nous disposons de 4 courbes de marée types au port de Saint-Valéry-sur-Somme, correspondant aux coefficients 43, 74, 90 et 112. Nous avons retenu pour les simulations sous changement climatique sur la crue de 2001 le coefficient de marée 74, valeur pour laquelle nous disposons également d'un marégramme.

4.3.1.3. APPORTS DE NAPPE

Les débits d'apport intermédiaires calculés par le modèle MARTHE pour cette crue sont imposés le long du linéaire de la Somme, comme cela est expliqué au **{Paragraphe 3.2.2.5.4}**

4.3.1.4. MANŒUVRES DES OUVRAGES

Les hypothèses suivantes ont été retenues en matière de manœuvre des ouvrages :

- Ecluse de Pont Rémy et de Long fermées, uniquement ouvrages de décharge avec possibilité d'ouverture au maximum ;
- **Ecluse d'Abbeville ouverte pour améliorer l'évacuation des crues ;**
- Barrage des six moulins à Abbeville, possibilité d'ouverture au maximum ;
- Ecluse inférieure de Saint-Valéry-sur-Somme ouverte en permanence ;
- Ecluse supérieure de Saint-Valéry-sur-Somme ouverte en permanence, possibilité d'ouverture au maximum avec régulation des niveaux à 3,90 m IGN69 donc sans maintien du NNN (Niveau Normal de Navigation) ;

- Porte à flot du contre canal vers la Manche ouverte en permanence ;
- Station de pompage dans Abbeville, possibilité de fonctionnement ;

Remarque :

Nous rappelons que les ouvrages mobiles sont gérés par le programme de calcul avec pour seule consigne de maintenir autant que possible un niveau d'eau proche du NNN à l'aval de chacun des biefs navigué. Le niveau à tenir en crue a été fixé à 3,90m IGN69 pour l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme et à 5,11m IGN69 (NNN) pour le barrage d'Abbeville.

4.3.1.5. SCENARIOS MODELISES

Si on combine cette condition hydrologique aux différentes conditions maritimes retenues, trois scénarios sont ainsi modélisés :

- Scénario 1A : répétitions successives du marégramme à Saint-Valéry sur Somme, pour un coefficient de marée 74 sur niveau moyen actuel de la Manche ;
- Scénario 1B : même marégramme que pour le scénario 1A, mais sous changement climatique avec « hypothèse optimiste », soit un décalage du niveau moyen de la Manche de + 0,21 m ;
- Scénario 1C : même marégramme que pour le scénario 1A, mais sous changement climatique avec « hypothèse pessimiste », soit un décalage du niveau moyen de la Manche de + 0,51 m.

4.3.2. CONDITION HYDROLOGIQUE 2, CRUE DE 1994

4.3.2.1. CONDITION A LA LIMITE AMONT

Le débit de la crue de 1994 (65 m³/s à Abbeville), dominante crue « de nappe » et décennale à Abbeville, a été imposé comme condition limite amont aux affluents dans le modèle.

4.3.2.2. CONDITION A LA LIMITE AVAL

Nous n'avons pas eu connaissance des états de l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme pour la crue de 1994 et par conséquent des états des niveaux de marée. En conséquence, nous avons retenu, comme pour les simulations de la crue de 2001, le coefficient de marée 74 qui correspond à une marée moyenne.

4.3.2.3. APPORTS DE NAPPE

Les débits d'apport intermédiaires calculés par le modèle MARTHE pour cette crue sont imposés le long du linéaire de la Somme, comme cela est expliqué au **{Paragraphe 3.2.2.5.4}**

4.3.2.4. MANŒUVRES DES OUVRAGES

Les hypothèses suivantes ont été retenues en matière de manœuvre des ouvrages :

- Ecluse de Pont Rémy et de Long fermées, uniquement ouvrages de décharge avec possibilité d'ouverture au maximum ;
- **Ecluse d'Abbeville fermée ;**
- Barrage des six moulins à Abbeville, possibilité d'ouverture au maximum ;
- Ecluse inférieure de Saint-Valéry-sur-Somme ouverte en permanence ;

- Ecluse supérieure de Saint-Valéry-sur-Somme ouverte en permanence, possibilité d'ouverture au maximum avec régulation des niveaux à 3,90 m IGN69 donc sans maintien du NNN (Niveau Normal de Navigation) ;
- Porte à flot du contre canal vers la Manche ouverte en permanence ;
- Station de pompage dans Abbeville, possibilité de fonctionnement ;

Remarque :

Nous rappelons que les ouvrages mobiles sont gérés par le programme de calcul avec pour seule consigne de maintenir autant que possible un niveau d'eau proche du NNN à l'aval de chacun des biefs navigué. Le niveau à tenir en crue a été fixé à 3,90 m IGN69 pour l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme et à 5,11 m IGN69 (NNN) pour le barrage d'Abbeville.

4.3.2.5. SCENARIOS MODELISES

Si on combine cette condition hydrologique aux différentes conditions maritimes retenues, trois scénarios sont ainsi modélisés :

- Scénario 2A : répétitions successives du marégramme à Saint-Valéry-sur-Somme, pour un coefficient de marée 74 sur niveau moyen actuel de la Manche ;
- Scénario 2B : même marégramme que pour le scénario 2A, mais sous changement climatique avec « hypothèse optimiste », soit un décalage du niveau moyen de la Manche de + 0,21 m ;
- Scénario 2C : même marégramme que pour le scénario 2A, mais sous changement climatique avec « hypothèse pessimiste », soit un décalage du niveau moyen de la Manche de + 0,51 m.

oOo

5. RESULTATS DE LA MODELISATION HYDRAULIQUE

5.1. RESULTATS DE LA CONDITION HYDROLOGIQUE 1 : CRUE DE 2001

5.1.1. SCENARIO 1A, CRUE DE 2001 SUR CONDITION MARITIME ACTUELLE

La **[Figure 4]** présente la cartographie des hauteurs d'eau dans le lit majeur pour le scénario 1A.

A l'aval de la confluence du bras éclusier de Pont-Rémy et de la Vieille Somme, la totalité des écoulements transite dans le lit principal (95 m³/s). La Somme déverse alors en rive droite à l'amont d'Eaucourt-sur-Somme et récupère ces débordements au droit d'Epagne. Elle déverse également, toujours en rive droite, au niveau du méandre situé à l'aval d'Epagnette. Ce débordement alimente les marais de Saint-Gilles au sud d'Abbeville. On note des hauteurs d'eau supérieures à 2 m au niveau d'Epagne-Epagnette et comprises entre 1,50 et 2,50 m au droit du marais et du faubourg St Gilles.

En rive gauche, la Somme déverse à l'amont d'Eaucourt-sur-Somme. Un déversement beaucoup plus important peut être observé dans la zone du méandre à l'aval d'Epagnette. Ces débordements, qui inondent une partie du lit majeur en rive gauche par remous, franchissent la voie ferrée vers le sud par déversement mais également par l'ouvrage de franchissement de la Maillfeuf, et rejoignent le fossé du doigt puis les marais et étangs situés au Nord-est de Mareuil-Caubert.

A l'aval du Faubourg St Gilles, le canal entretient peu d'échanges avec le lit majeur.

Sur les 95 m³/s qui arrivent au barrage des Six Moulins, 31 m³/s s'écoulent dans le bras de l'écluse d'Abbeville, tandis que 64 m³/s se dirigent vers la Vieille Somme au Nord.

En rive gauche, la voie ferrée sépare le fossé du Doigt de la Somme. L'écoulement dans le lit majeur s'effectue principalement au travers des étangs et marais qui occupent la rive gauche, puis par le réseau de fossés drainant la plaine à l'ouest de la voie ferrée : fossé du Doigt dans sa partie aval, fossé Neuf et fossé des Nonnains. L'ensemble de ces drains regagne la Somme à la sortie d'Abbeville, à l'aval de l'écluse. Le contre-fossé qui borde le lit principal au sud évacue toutefois un débit de 8 m³/s. On observe dans le secteur des Planches et de Rouvroy des hauteurs d'eau comprises entre 0,5 m et 1,0 m.

Le débit de la Somme à la sortie d'Abbeville (à l'aval des fossés de drainage qu'elle reçoit à cet endroit) est de 110 m³/s.

Le long du canal maritime, il n'y a pas de déversements vers les renclôtures. Il y a par contre des déversements vers le contre canal : 8 m³/s au niveau de Petit-Laviers, 1 m³/s au droit de Petit Port et 0,8 m³/s à Saint-Valéry-sur-Somme.

Le contre canal présente quant à lui plusieurs zones de déversement vers le lit majeur de la rive gauche. Il existe donc un écoulement en lit majeur entre l'aval d'Abbeville et l'exutoire du contre canal à Saint-Valéry-sur-Somme avec des débits qui peuvent atteindre 7 m³/s. On observe en rive gauche du contre canal des hauteurs d'eau comprises entre 0,05 m et 0,50 m.

oOo

Scénario de référence - Crue 2001 - Cartographie des hauteurs d'eau maximales

Saint Valery sur Somme

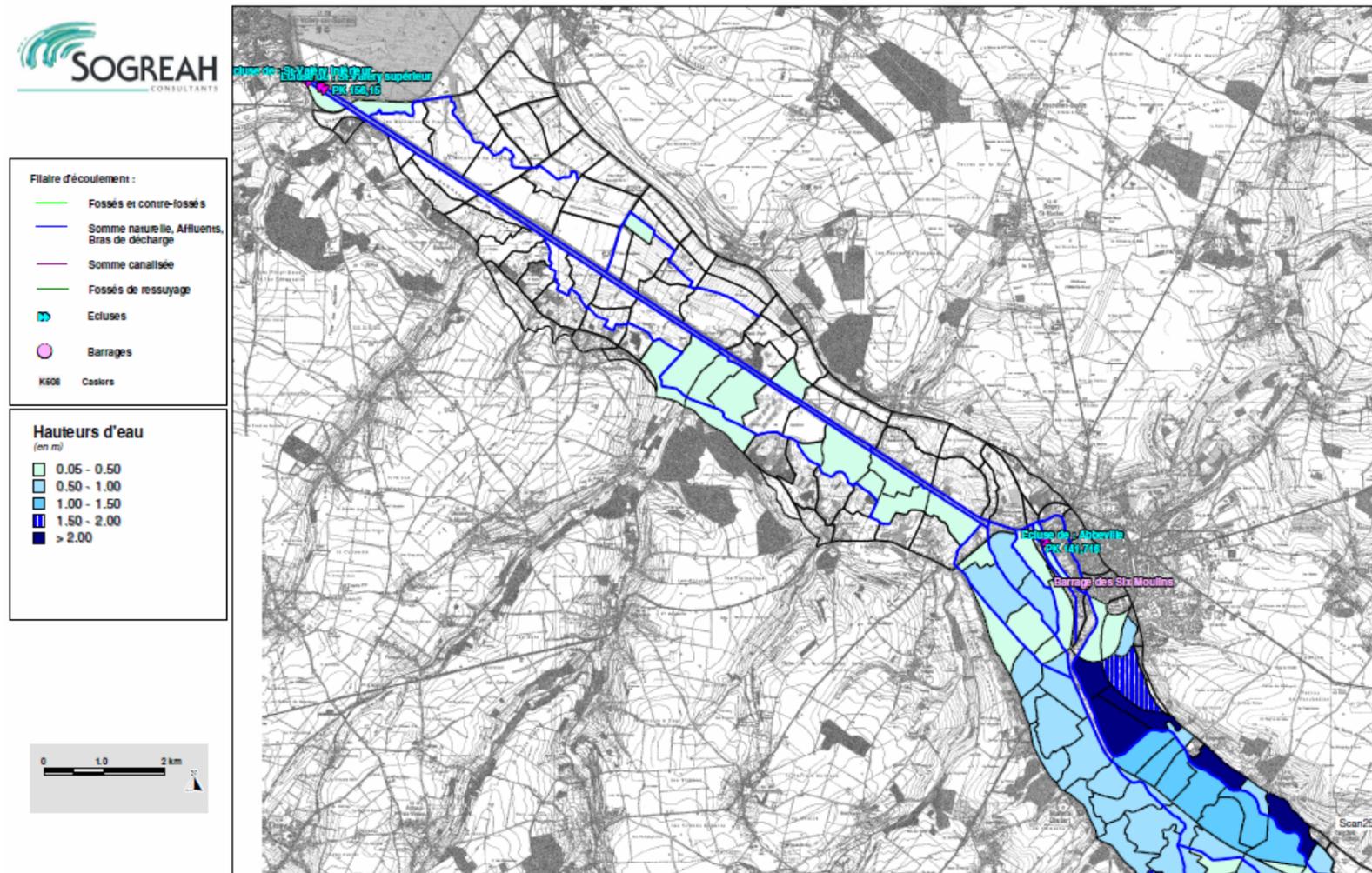


Figure 4 : Cartographie des hauteurs d'eau pour le scénario 1A --- Crue de 2001 et condition maritime actuelle.

5.1.2. SCENARIO 1B, CRUE DE 2001 AVEC HYPOTHESE OPTIMISTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

La **[Figure 5]** et la **[Figure 6]** présentent respectivement la cartographie des hauteurs d'eau dans le lit majeur pour le scénario 1B et la cartographie de l'impact en hauteur d'eau du scénario 1B par rapport au scénario 1A.

L'emprise des zones inondées dans ce scénario 1B est quasiment la même que celle du scénario 1A. On observe toutefois une augmentation des niveaux d'eau sur les zones inondées en lit majeur.

Cette dégradation est notamment visible au droit d'Abbeville, avec une augmentation des niveaux d'eau :

- De 1 à 2,5 cm en rive gauche de la Somme, au droit de la gare d'Abbeville, des Planches et de Rouvroy ;
- De 5 à 10 cm en rive droite de la Somme, au droit du marais St Gilles.

En aval d'Abbeville, les débordements sont plus importants :

- En rive gauche le long du contre canal, l'augmentation des niveaux d'eau est comprise entre 1 et 5 cm ;
- En rive droite, sur le canal maritime, on observe des débordements entraînant des hauteurs d'eau de 5 à 50 cm. Ces débordements n'existent pas pour le scénario 1A puisque le réaménagement de l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme opéré entre 2001 et 2005 avait permis de les faire disparaître.

En termes de volume inondant sur les zones dites à enjeu, le scénario 1B a pour conséquence une augmentation de ce volume de l'ordre de 21 151 mètres cube par rapport au scénario 1A.

A titre de comparaison, les travaux de réaménagement de la vallée de la Somme postérieurs à 2001 (avec notamment la création d'une troisième passe sur l'ouvrage de Saint-Valéry-sur-Somme) conduisent, pour une condition hydrologique analogue à celle de la crue de 2001 couplée au niveau marin actuel, à une baisse du volume inondant sur les zones dites à enjeu de l'ordre de 889 967 mètres cube. L'augmentation de volume inondant sur ces zones à enjeu dû au changement climatique selon l'hypothèse du scénario 1B représente donc 2,4 % de ce volume total gagné suite au réaménagement des ouvrages hydrauliques de 2001.

Le changement climatique, selon l'hypothèse optimiste retenue et la condition hydrologique de crue de 2001, est donc loin de provoquer des inondations comparables à celles rencontrées cette année là.

oOo

Scénario "Hypothèse CC optimiste +0.21m" - Crue 2001 - Cartographie des hauteurs d'eau maximales **Saint Valery sur Somme**

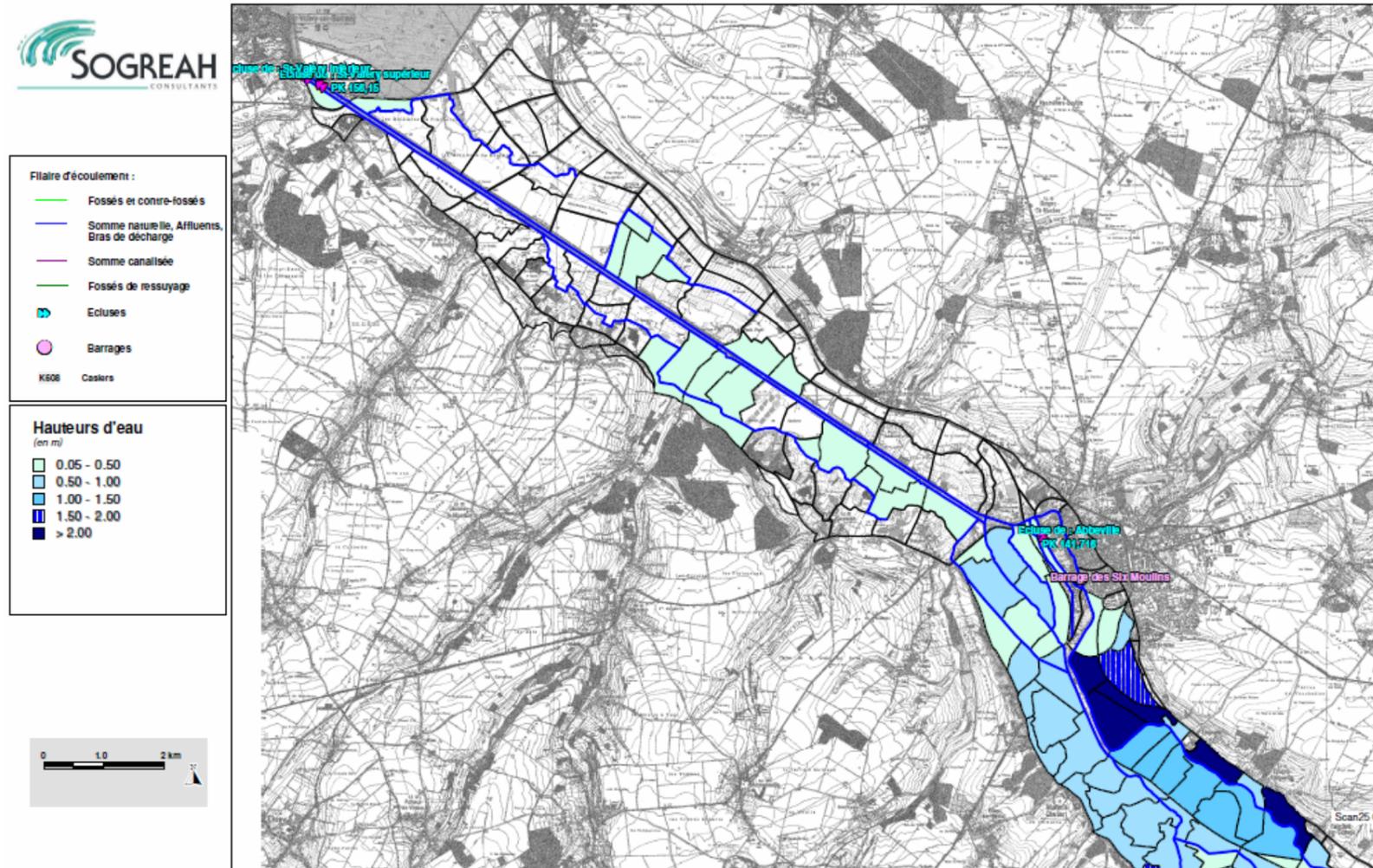


Figure 5 : Cartographie des hauteurs d'eau pour le scénario 1B --- Crue de 2001 et condition maritime sous CC, hypothèse optimiste.

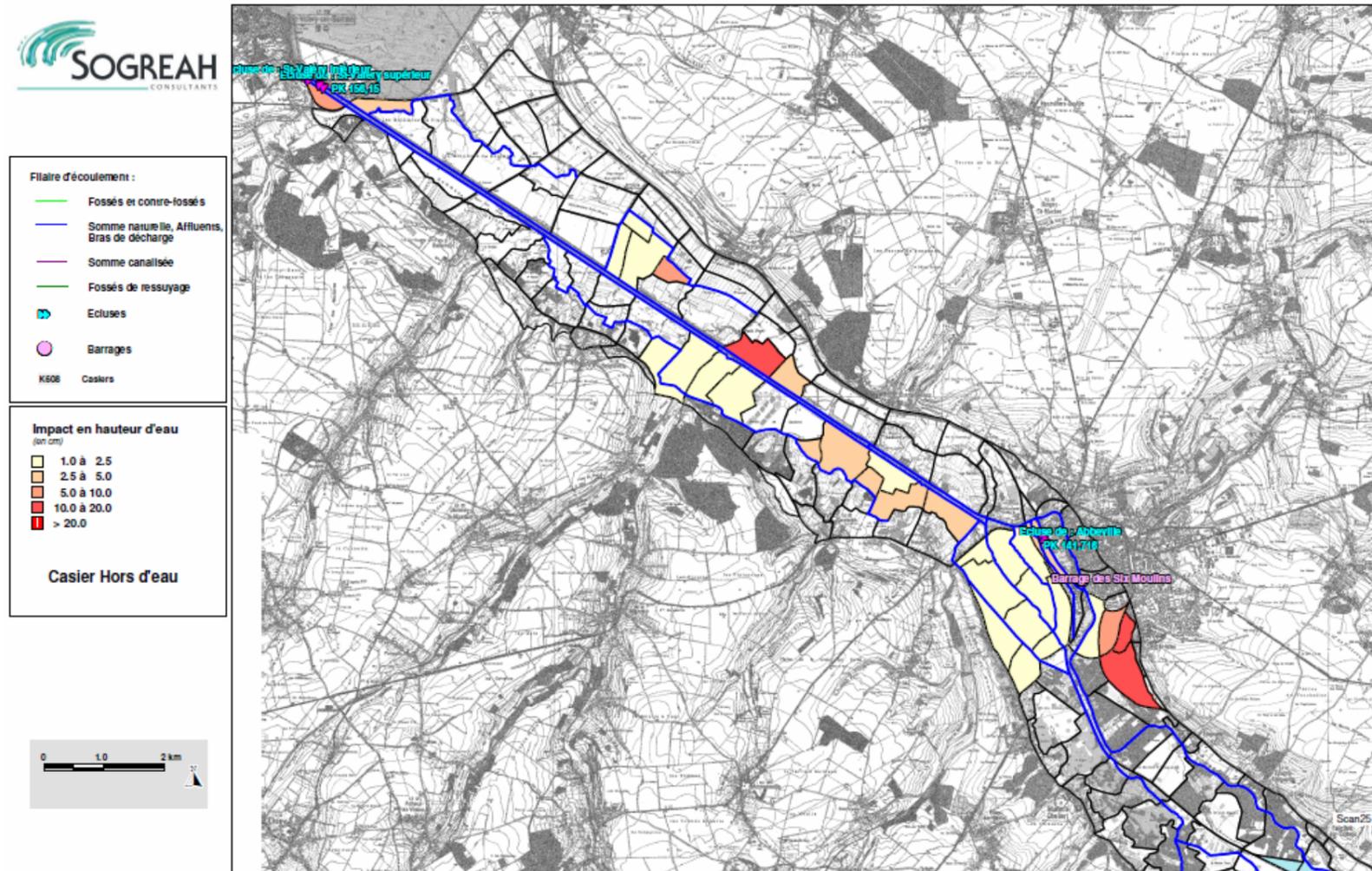


Figure 6 : Cartographie de l'impact en hauteur d'eau entre le scénario 1B et le scénario 1A.

5.1.3. SCENARIO 1C, CRUE DE 2001 AVEC HYPOTHESE PESSIMISTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE PESSIMISTE

La **[Figure 7]** et la **[Figure 8]** présentent respectivement la cartographie des hauteurs d'eau dans le lit majeur pour le scénario 1C et la cartographie de l'impact en hauteur d'eau du scénario 1C par rapport au scénario 1A.

L'emprise des zones inondées dans ce scénario 1C est plus importante que celle du scénario 1A. Les terrains en rive droite du canal maritime sont en effet inondés pour ce scénario alors qu'ils ne le sont pas avec la condition maritime actuelle.

Cette dégradation est notamment visible au droit d'Abbeville avec une augmentation des niveaux d'eau :

- En rive gauche de la Somme, au droit de la gare d'Abbeville, des Planches et de Rouvroy de 1 à 5 cm ;
- En rive droite de la Somme, au droit du marais et du quartier St Gilles, de l'ordre de 25 cm.

En aval d'Abbeville, les débordements sont également plus importants :

- En rive gauche le long du contre canal, si l'emprise des zones inondées reste sensiblement la même, l'augmentation des niveaux d'eau est maintenant comprise entre 5 et 10 cm ;
- En rive droite, sur le canal maritime, on observe une augmentation des niveaux d'eau comprise entre 5 et 25 cm.

En termes de volume inondant sur les zones dites à enjeu, le scénario 1C a pour conséquence une augmentation de ce volume de l'ordre de 90 544 mètres cube par rapport au scénario 1A.

A titre de comparaison, pour une condition hydrologique analogue à celle de la crue de 2001 couplée au niveau marin actuel, l'augmentation de volume inondant sur ces zones à enjeu dû au changement climatique selon l'hypothèse du scénario 1C représente donc 10,2 % du volume total gagné suite au réaménagement des ouvrages hydrauliques de 2001 (889 967 mètres cube).

Une fois de plus, le changement climatique, selon l'hypothèse pessimiste retenue et la condition hydrologique de crue de 2001, est loin de provoquer des inondations comparables à celles rencontrées cette année là.

oOo

Scénario "Hypothèse CC pessimiste +0.51m" - Crue 2001 - Cartographie des hauteurs d'eau maximales **Saint Valery sur Somme**

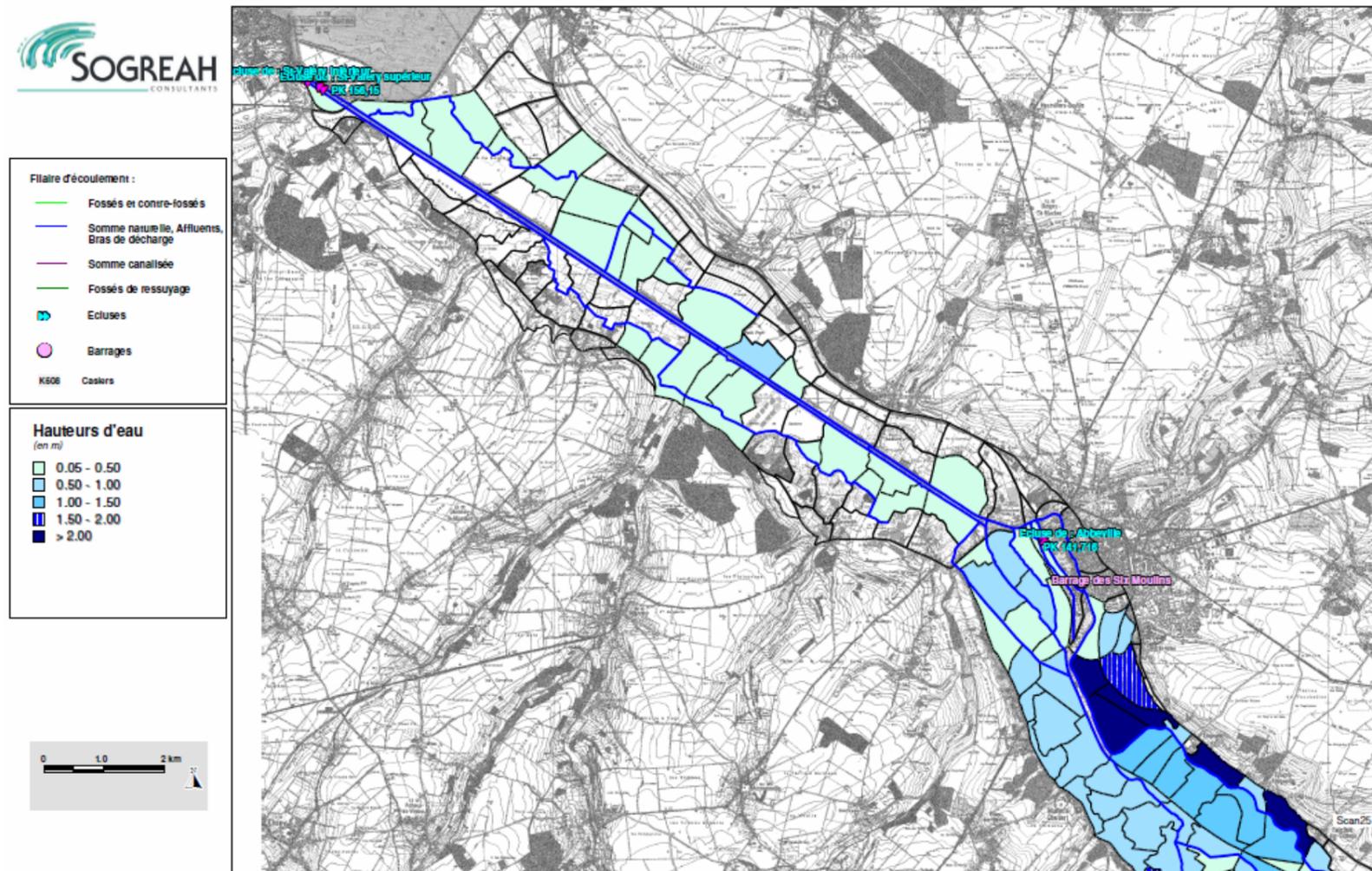


Figure 7 : Cartographie des hauteurs d'eau pour le scénario 1C --- Crue de 2001 et condition maritime sous CC, hypothèse optimiste.

Scénario "Hypothèse CC pessimiste +0.51m" - Crue 2001 - Cartographie des impacts

Saint Valery sur Somme

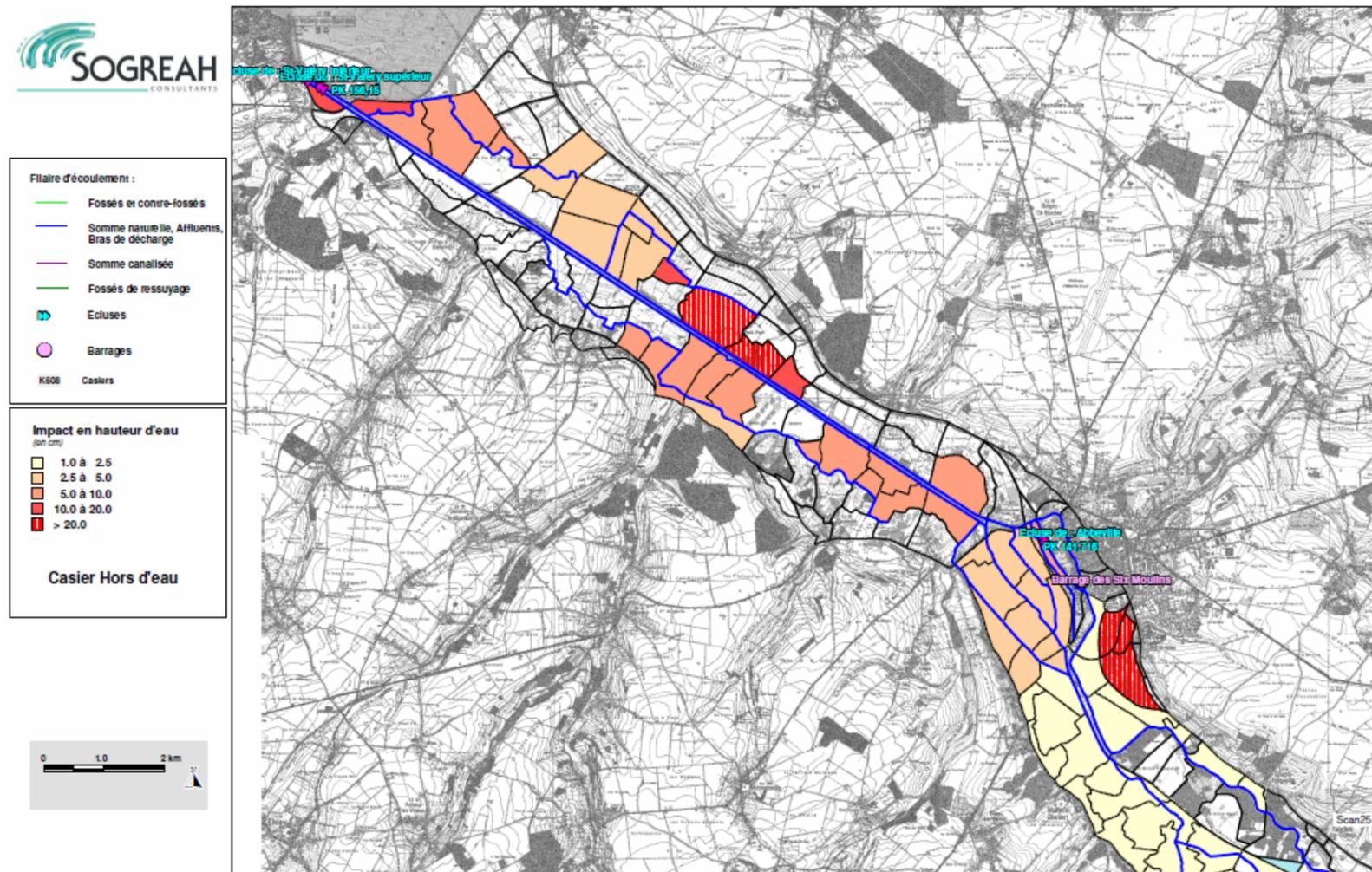


Figure 8 : Cartographie de l'impact en hauteur d'eau entre le scénario 1C et le scénario 1A.

5.2. RESULTATS DE LA CONDITION HYDROLOGIQUE 2 : CRUE DE 1994

5.2.1. SCENARIO 2A, CRUE DE 1994 SUR CONDITION MARITIME ACTUELLE

La **[Figure 9]** présente la cartographie des hauteurs d'eau dans le lit majeur pour le scénario 2A.

A l'aval de la confluence du bras éclusier de Pont-Rémy et de la Vieille Somme, la totalité des écoulements transite dans le lit principal ($65 \text{ m}^3/\text{s}$). Sur ces $65 \text{ m}^3/\text{s}$ qui arrivent au barrage des Six Moulins, la totalité s'écoule dans le bras de Vieille Somme au Nord.

Le débit de la Somme à la sortie d'Abbeville (à l'aval des fossés de drainage qu'elle reçoit à cet endroit) est de $78 \text{ m}^3/\text{s}$.

On observe pour cette simulation très peu de débordements de la Somme. La réfection de l'écluse de Saint-Valéry-sur-Somme accomplie entre 2001 et 2005 permet d'ailleurs pour ce scénario une nette amélioration de la situation par rapport à celle à la situation réellement vécue en 1994, notamment au droit d'Abbeville.

Les inondations sont localisées :

- Le long de l'écluse d'Abbeville et au niveau du marais Saint Gilles à Abbeville avec moins de 50 cm de hauteur d'eau ;
- Le long de la Somme au droit d'Epagne-Epagnette et d'Eaucourt-sur-Somme avec plus de 2 m de hauteur d'eau en fond de casier par endroit.

oOo

5.2.2. SCENARIO 2B, CRUE DE 1994 AVEC HYPOTHESE OPTIMISTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

La **[Figure 10]** et la **[Figure 11]** présentent respectivement la cartographie des hauteurs d'eau dans le lit majeur pour le scénario 2B et la cartographie de l'impact en hauteur d'eau du scénario 2B par rapport au scénario 2A.

L'emprise des zones inondées dans ce scénario 2B est la même que celle du scénario 2A avec toutefois une légère augmentation des hauteurs d'eau. Cette augmentation des niveaux d'eau touche la rive droite de la Somme au droit d'Abbeville et notamment le quartier St Gilles, et est de l'ordre de 1 à 5 cm.

En termes de volume inondant sur les zones dites à enjeu, le scénario 2B a pour conséquence une augmentation de ce volume de l'ordre de 3 731 mètres cube par rapport au scénario 2A.

A titre de comparaison, les travaux de réaménagement de la vallée de la Somme postérieurs à 2001 (avec notamment la création d'une troisième passe sur l'ouvrage de Saint-Valéry-sur-Somme) conduisent, pour une condition hydrologique analogue à celle de la crue de 1994 couplée au niveau marin actuel, à une baisse du volume inondant sur les zones dites à enjeu de l'ordre de 98 384 mètres cube. L'augmentation de volume inondant sur ces zones à enjeu dû au changement climatique selon l'hypothèse du scénario 2B représente donc 3,8 % de ce volume total gagné suite au réaménagement des ouvrages hydrauliques de 2001.

Le changement climatique, selon l'hypothèse optimiste retenue et la condition hydrologique de crue de 1994, est donc loin de provoquer des inondations comparables à celles rencontrées cette année là.

oOo

Scénario "Hypothèse CC optimiste +0.21m" - Crue 1994 - Cartographie des hauteurs d'eau maximales **Saint Valery sur Somme**

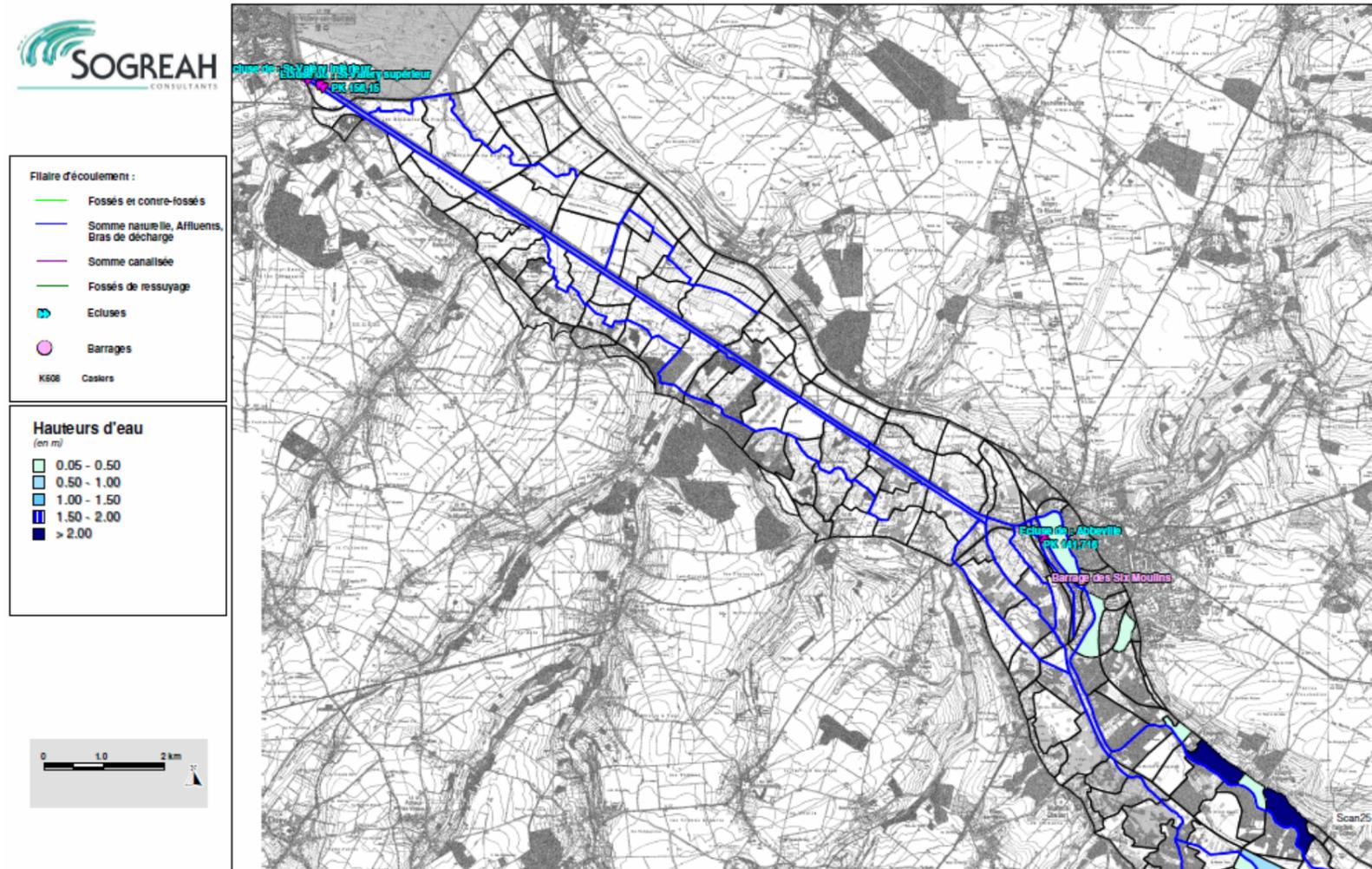


Figure 10 : Cartographie des hauteurs d'eau pour le scénario 2B --- Crue de 1994 et condition maritime sous CC, hypothèse optimiste.

Scénario "Hypothèse CC optimiste +0.21m" - Crue 1994 - Cartographie des impacts

Saint Valery sur Somme



Figure 11 : Cartographie de l'impact en hauteur d'eau entre le scénario 2B et le scénario 2A.

5.2.3. SCENARIO 2C, CRUE DE 1994 AVEC HYPOTHESE PESSIMISTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE PESSIMISTE

La **[Figure 12]** et la **[Figure 13]** présentent respectivement la cartographie des hauteurs d'eau dans le lit majeur pour le scénario 2C et la cartographie de l'impact en hauteur d'eau du scénario 2C par rapport au scénario 2A.

Les zones inondées dans ce scénario 2C sont plus importantes que celles du scénario 2A avec notamment les terrains au droit du marais Saint Gilles qui sont désormais inondés.

Cette accentuation des inondations est notamment visible au droit d'Abbeville où l'augmentation des niveaux d'eau par rapport au scénario 2A atteint :

- De 1 à 2,5 cm le long de l'écluse d'Abbeville ;
- De 1 à 5 cm au niveau du marais Saint Gilles à Abbeville ;
- De 1 à 5 cm le long de la Somme au droit d'Epagne-Epagnette et d'Eaucourt-sur-Somme.

En termes de volume inondant sur les zones dites à enjeu, le scénario 2C a pour conséquence une augmentation de ce volume de l'ordre de 21 898 mètres cube par rapport au scénario 2A.

A titre de comparaison, pour une condition hydrologique analogue à celle de la crue de 1994 couplée au niveau marin actuel, l'augmentation de volume inondant sur ces zones à enjeu dû au changement climatique selon l'hypothèse du scénario 2C représente donc 22,3 % du volume total gagné suite au réaménagement des ouvrages hydrauliques de 2001 (98 384 mètres cube).

Une fois de plus, le changement climatique, selon l'hypothèse pessimiste retenue et la condition hydrologique de crue de 1994, est loin de provoquer des inondations comparables à celles rencontrées cette année là.

oOo

Scénario "Hypothèse CC pessimiste +0.51m" - Crue 1994 - Cartographie des hauteurs d'eau maximales **Saint Valery sur Somme**

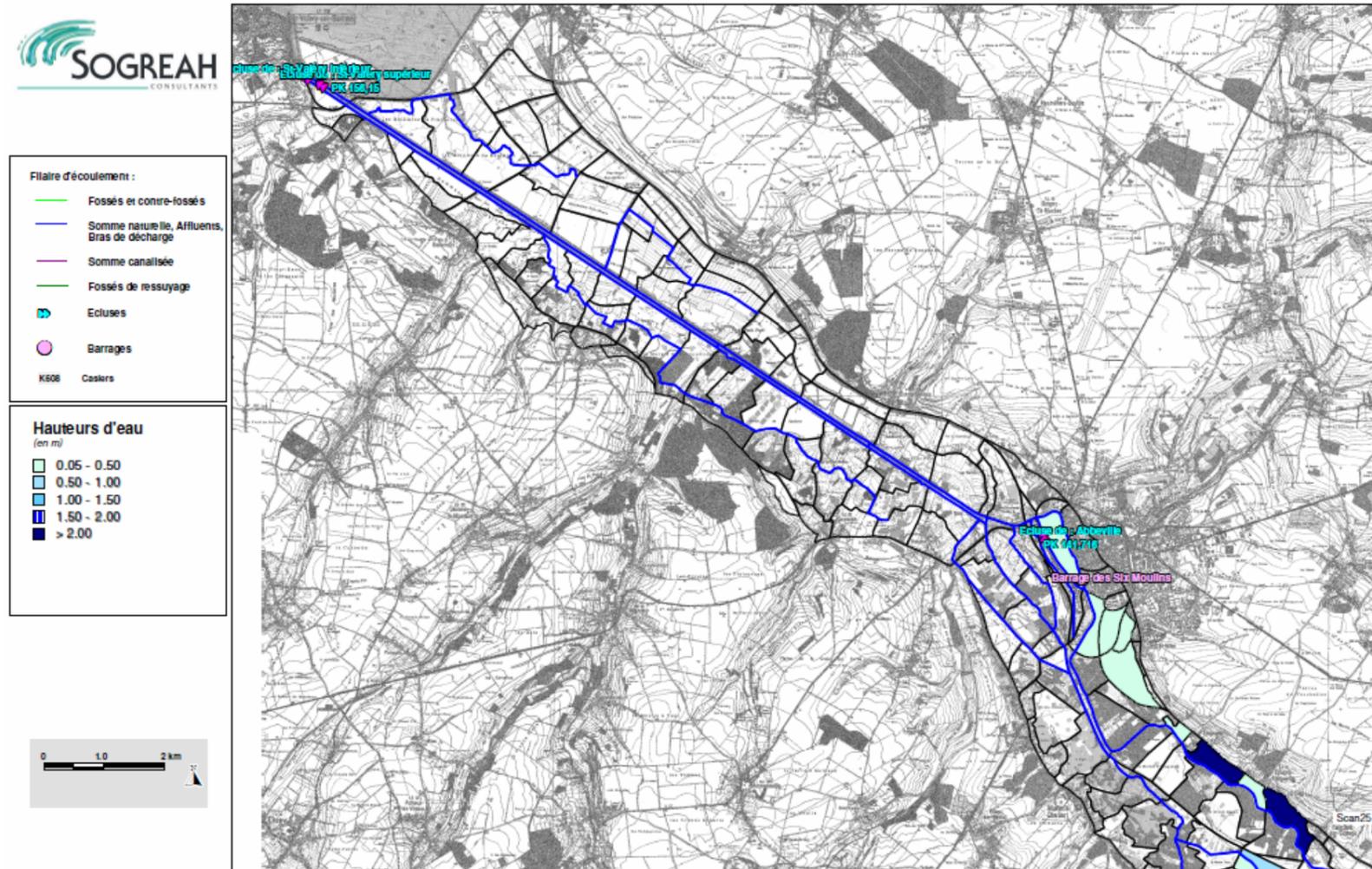


Figure 12 : Cartographie des hauteurs d'eau pour le scénario 2C --- Crue de 1994 et condition maritime sous CC, hypothèse optimiste.

Scénario "Hypothèse CC pessimiste +0.51m" - Crue 1994 - Cartographie des impacts

Saint Valery sur Somme



Figure 13 : Cartographie de l'impact en hauteur d'eau entre le scénario 2C et le scénario 2A.

REFERENCES

[1] Etude de modélisation hydraulique de la vallée de la Somme, pour le compte AMEVA - Syndicat mixte d'aménagement hydraulique du bassin versant de la somme, n° 2740122, rapports - R0 à R6.

[2] GIEC, 2007 : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de~)]. GIEC, Genève, Suisse, ..., 103 pages.