Direction Régionale de l'Environnement,
de l'Aménagement et du Logement

Nord-Pas de Calais

Phase 1 : État des connaissances

TRI de Saint-Omer

01633189 | Mars 2014 | v3

hydratec
groupe setec

hydratec
groupe setec

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

Email : hydra@hydra.setec.fr

T : 01 82 51 64 02
F : 01 82 51 41 39

Directeur d'affaire : C. Nœuvéglise

Responsable d'affaire : M. Chavatte

N°affaire : 01633189

Fichier : 33189_phase1_stomer

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	01/08/2013	TTC	NVC	17	
2	25/10/2013	TTC	NVC	19	Dernière version
3	21/03/2014	TTC	NVC	19	Corrections 2014

TABLE DES MATIÈRES

1 Contexte de l'étude 5
2 Présentation du secteur d'étude 6
2.1 limites du secteur 6
2.2 Topographie 7
2.3 Occupation des sols 8
2.4 Réseau hydrographique 9
3 Risque d'inondation 11
3.1 Alea hydrologique 11
3.1.1 Les orages localisés 11
3.1.2 Les pluies hivernales 11
3.2 Crues historiques 12
3.3 Débits et cotes des principales crues 13
3.4 Zones inondables 14
4 Présentation du modele Hydraulique 16
4.1 Données topographiques 16
4.2 Principes de la modélisation 16
4.3 Calage du modèle 19

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 2-1 : Périmètre de la zone d'étude 6
Figure 2-2 : Topographie du territoire des Wateringues 7
Figure 2-3 : détail de la topographie sur le TRI de Saint-Omer 8
Figure 2-4 : Occupation des sols de l'Audomarois 9
Figure 2-5: Carte du réseau hydrographique 10
Figure 2-6 : Aa dans le centre-ville de Saint-Omer 10
Figure 3-1 : Zones d'inondation constatées 15
Figure 4-1 : Vue du modèle de Saint-Omer sous Hydrariv 17
Figure 4-2 : Légende des symboles utilisés sous Hydrariv 18

Tableau 3-1 : Principales inondations observées entre 1974 et 2000 12
Tableau 3-2 : Débits enregistrés à Wizernes lors des principales crues entre 1988 et 2006 13
Tableau 3-3 : Cote des crues historiques dans le marais audomarois 14

1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

La directive européenne du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, a été transposée en droit français par l'article 221 de la LENE (Loi portant Engagement National pour l'Environnement) du 12 juillet 2010 et par le décret n°2011 -227 du 2 mars 2011, qui modifient le code de l'environnement.

En application de ce décret, la mise en œuvre comporte les 4 étapes suivantes :

1) Évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI),
2) Identification des territoires à risque important d'inondation (TRI),
3) Élaboration des cartes des surfaces inondables et des cartes des risques d'inondation dans les TRI pour trois probabilités de dépassement,
4) Élaboration des plans de gestion des risques d'inondation (PGRI).

Le présent marché d'étape 3 concerne la réalisation des cartes des zones inondables représentant l'aléa pour le scénario extrême uniquement (période de retour de l'événement supérieur à 1000 ans) pour trois TRI selon les spécifications et hypothèses définies dans le CCTP. Seul le débordement des cours d'eau est à prendre en compte.

Les trois TRI définis dans le Nord – Pas-de-Calais et faisant l'objet de la présente étude sont :

- Le TRI de Maubeuge (Sambre et Solre),
- Le TRI de Saint-Omer (Aa et Marais Audomarois),
- Le TRI de Béthune/Armentières (Lys).

La phase 1 a pour objectif d'expliciter le fonctionnement hydraulique et hydrologique de chaque secteur d'étude. Le présent rapport concerne l'analyse des données du TRI de Saint-Omer.

2 PRÉSENTATION DU SECTEUR D'ÉTUDE

2.1 LIMITES DU SECTEUR

Le TRI de St-Omer est concerné par le cours d'eau de l'Aa et par le marais Audomarois, vaste zone humide, cultivée pour le maraichage et sillonnée de canaux appelés wateringues. Il possède une surface d'environ 134,2 km^2 et est constitué de 14 communes dont l'essentiel appartient à la communauté d'agglomération de St-Omer.

La carte ci-dessous délimite l'emprise du secteur d'étude :

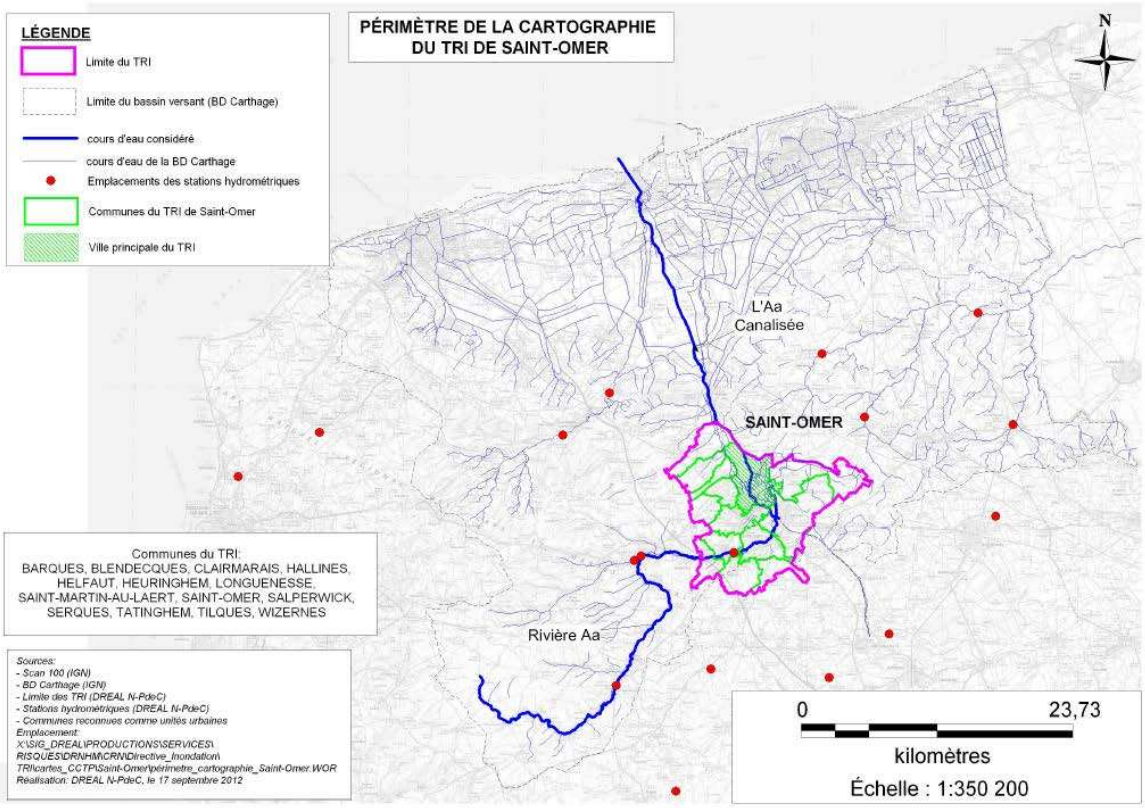


Figure 2-1 : Périmètre de la zone d'étude

2.2 TOPOGRAPHIE

Le secteur d'étude comprend la vallée de l'AA en amont d'Arques, et au-delà le marais Audomarois qui fait partie du territoire des wateringues. Ce dernier regroupe l'ensemble des terres situées sous la cote 5 m NGF autour de Saint-Omer.

Le relief du bassin versant de l'Aa forme un impluvium culminant à 200 m, drainé par l'Aa et ses affluents qui convergent tous en amont du territoire du TRI à Esquederques

Les bassins versants est et ouest du marais audomarois apportent relativement peu d'eau (terrains crayeux), les principaux apports du marais proviennent des écoulements du bassin de l'Aa.

La carte donnée ci-après représente la topographie sur l'ensemble du secteur des Wateringues :

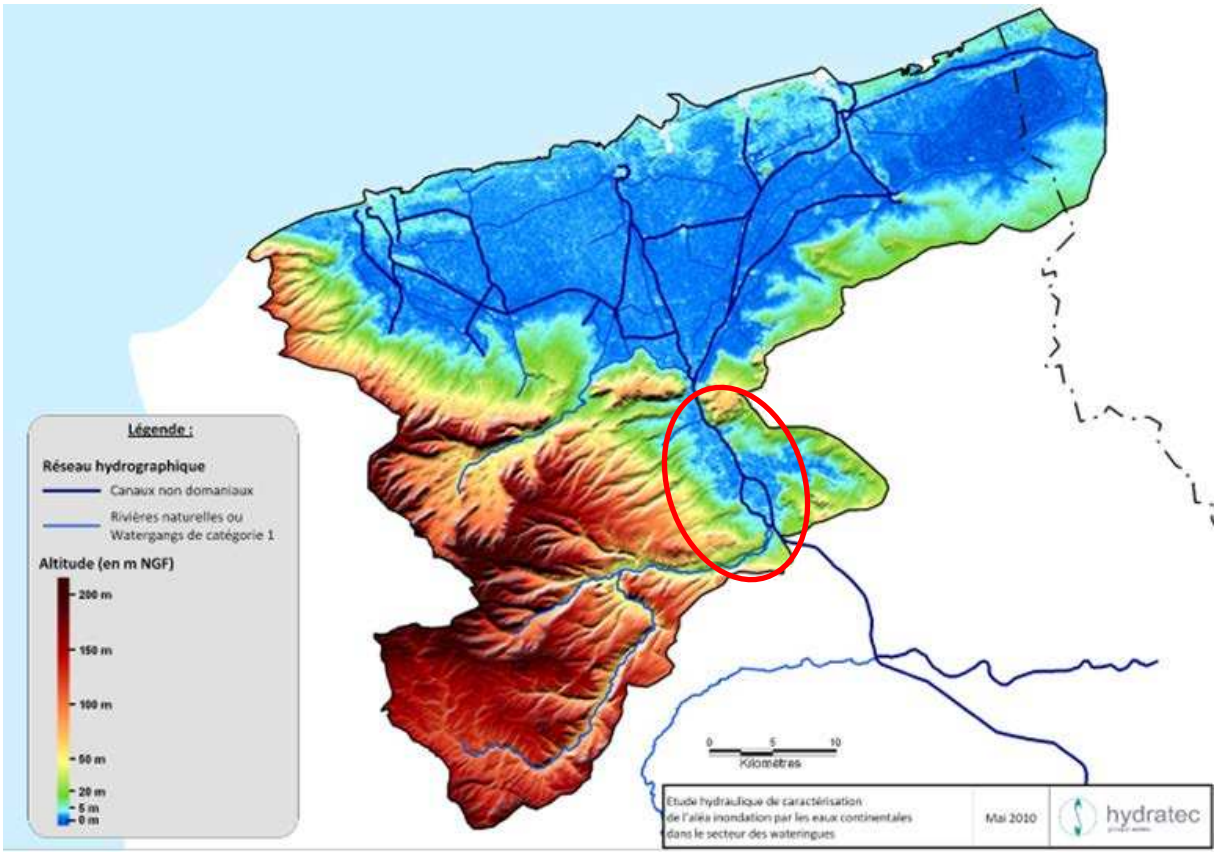


Figure 2-2 : Topographie du territoire des Wateringues

La carte de la page suivante montre le détail du secteur de TRI, d'après le LIDAR établi en 2013, pour les besoins des travaux de la DREAL.

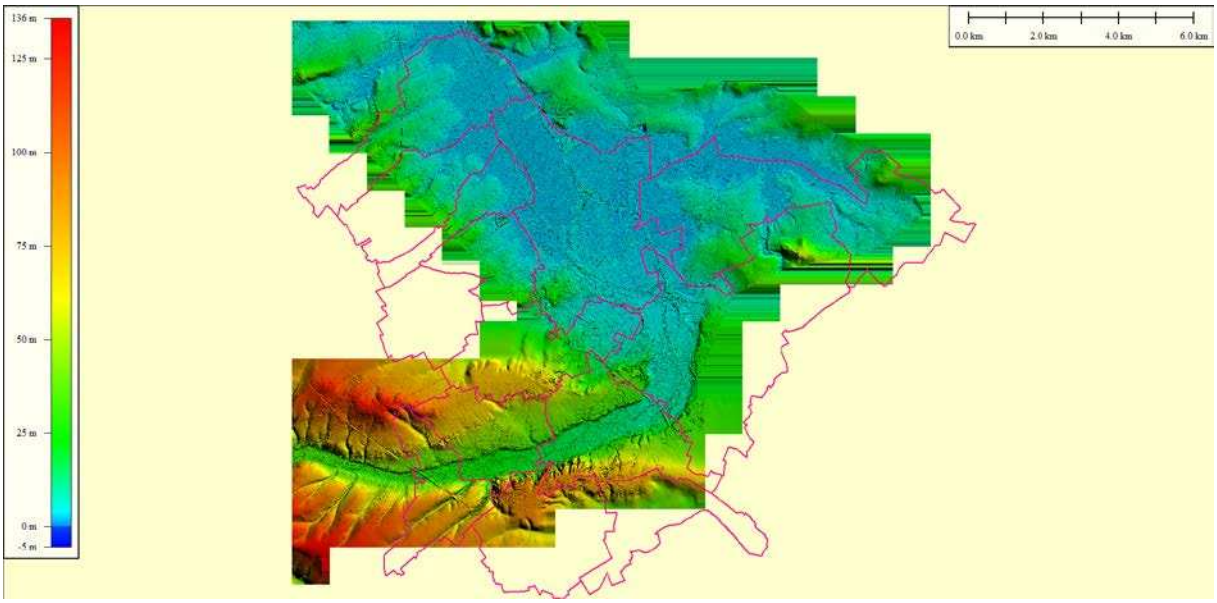


Figure 2-3 : détail de la topographie sur le TRI de Saint-Omer

2.3 OCCUPATION DES SOLS

Sur le territoire du SAGE de l'Audomarois, les zones urbanisées sont concentrées en basse vallée de l'Aa et autour de l'agglomération de Saint-Omer avec un tissu industriel important. La partie amont du bassin de l'Aa reste en revanche très rurale.

Le marais Audomarois est occupé principalement par des prairies, des cultures maraîchères et autres cultures. Cependant, ces zones agricoles sont en régression alors que se développent des espaces boisés et de nouveaux types d'occupation liés au tourisme et aux loisirs (campings, étangs, habitat secondaire). La navigation constitue une activité très présente sur le canal de Neufossé et l'Aa canalisée mais aussi à l'intérieur du marais (navigation de loisir) .

Ci-dessous, est présentée la carte d'occupation des sols du territoire du SAGE Audomarois :

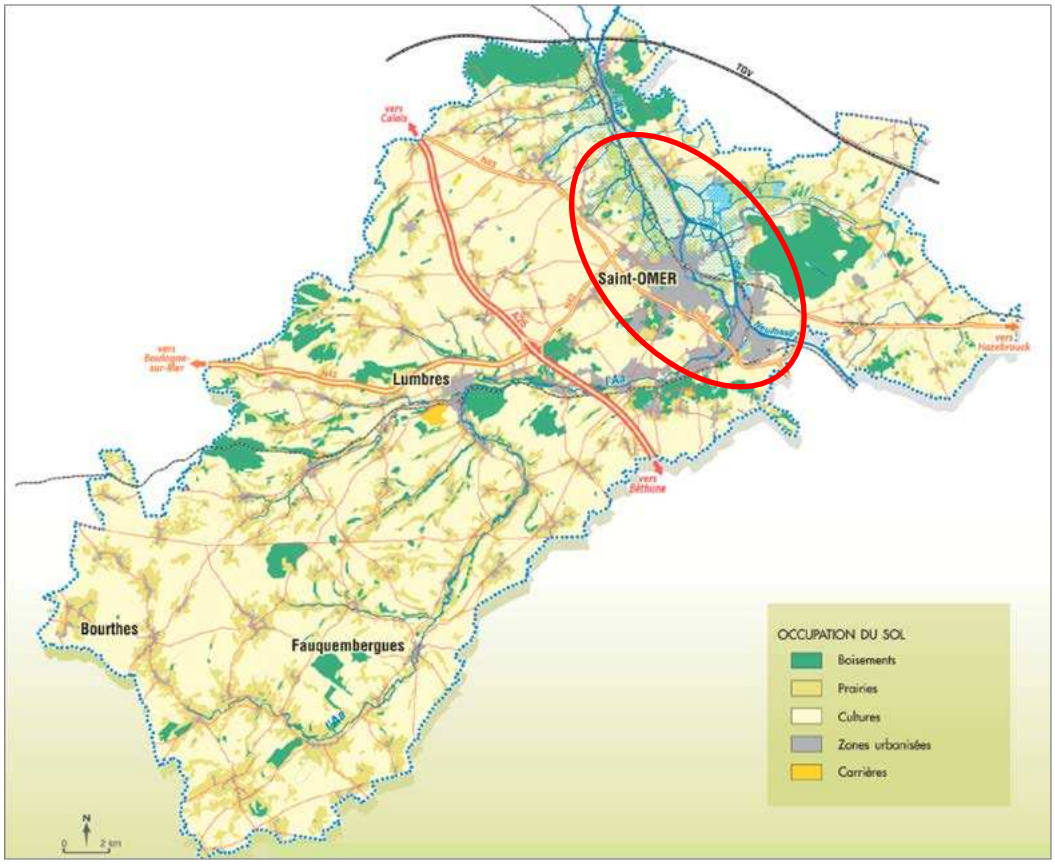


Figure 2-4 : Occupation des sols de l'Audomarois

2.4 RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

Le secteur d'étude comprend :

- un cours d'eau naturel l'Aa qui est canalisé à partir de Saint-Omer jusqu'à son exutoire à Gravelines,
- le canal à Grand Gabarit, qui porte le nom de canal de Neufossé entre Aire-sur-la-Lys et Saint-Omer où il permet la jonction entre l'Aa canalisée et la Lys (via l'écluse des Fontinettes). Il emprunte une portion de l'Aa canalisée entre Saint-Omer et Watten, et assure ensuite le lien jusqu'au port Dunkerque via l'écluse de Mardyck.

En temps normal, les eaux de la Lys sont évacuées vers la Belgique. En cas de saturation du réseau belge, des transferts d'eau sont possibles de la Lys vers l'Aa par le canal de navigation à grand gabarit de Neufossé via l'écluse des Fontinettes. Ces transferts sont soumis à l'autorité du Préfet.

La carte ci-dessous montre le réseau hydrographique de l'AA sur le territoire du TRI.

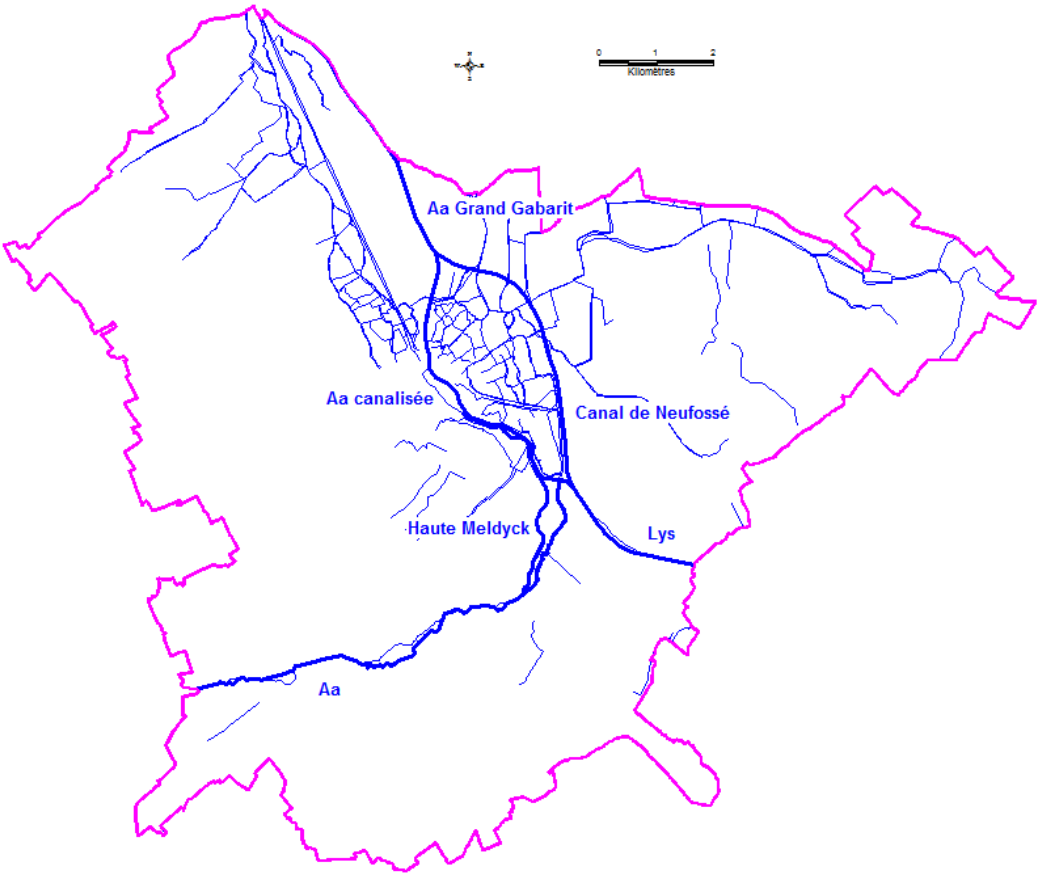


Figure 2-5: Carte du réseau hydrographique

À titre d'illustration, est donnée ci-dessous une photo de l'Aa à Saint-Omer

Figure 2-6 : Aa dans le centre-ville de Saint-Omer

3 RISQUE D'INONDATION

3.1 ALEA HYDROLOGIQUE

Une première réflexion basée sur les études passées et le retour d'expérience permet de distinguer deux régimes de temps pour évaluer les risques naturels d'inondation (hors aléa technique).

3.1.1 Les orages localisés

Les pluies orageuses sont associées à des épisodes convectifs et se produisent plutôt en dehors de la période hivernale. Ces épisodes ont généralement une extension géographique limitée et affectent les secteurs localisés en pied de collines. Il n'est cependant pas exclu que les bassins de l'Aa et de la Hem soient également sollicités par ces épisodes et génèrent des désordres concomitants plus en aval.

Les influences marines ont peu d'impact sur ces désordres. La variable significative pour ce régime de temps est la hauteur de précipitation associée à une durée égale au temps de concentration des petits bassins versants. L'autre variable déterminante est l'étendue spatiale de la précipitation.

3.1.2 Les pluies hivernales

Les pluies hivernales sont générées par les perturbations d'origine océanique. Elles sont souvent généralisées à l'échelle du territoire des wateringues et se caractérisent par des trains de perturbations successives qui provoquent un double effet :

- une saturation progressive des sols, affectant le marais Audomarois et les apports par les watergangs,
- la génération d'un épisode de crue associé à un épisode pluvieux plus intense au cours de la période perturbée.

3.2 CRUES HISTORIQUES

Le tableau suivant recense quelques événements survenus entre 1974 et 2000 sur l'ensemble du territoire des Wateringues:

Date	Secteurs touchés	Evaluation des dégâts (selon l'information disponible)
Hiver 1974-1975	Marais Audomarois	Les pertes agricoles dépassent plusieurs dizaines de millions de francs
Mai 1975	Région de St-Omer	50 MF, nombreuses cultures dévastées, 500 habitations touchées, hauteurs d'eau importantes
Juillet 1980	Marais Audomarois	Cultures
Octobre 1981	Région entière	Cultures
Février 1988	Marais Audomarois	Cultures et habitations
1991	Secteur de Calais et Marais Audomarois	
Décembre 1993	Générale	Nombreuses communes en arrêté de catastrophe naturelle Cultures, quelques habitations
Février 1994		Pas de communes en arrêté de catastrophe naturelle
Juillet-Août 1994	Relativement générale	Nombreuses communes en arrêté de catastrophe naturelle
Décembre 1994-Janvier 1995	Marais Audomarois	Pas de communes en arrêté de catastrophe naturelle
Juillet 1995	Loon-Plage	1 arrêté de catastrophe naturelle
Août 1996	Coudekerque-Branche	1 arrêté de catastrophe naturelle
Septembre 1998	Communes du Dunkerquois	3 arrêté de catastrophe naturelle
Novembre 1998	Relativement générale	1 arrêté de catastrophe naturelle
Mai 1999	Dunkerque et Coudekerque-Branche	2 arrêtés de catastrophe naturelle
Décembre 1999	Relativement générale	Dégâts moins importants dans le Nord

Tableau 3-1 : Principales inondations observées entre 1974 et 2000

Parmi ces évènements, les plus marquants sont ceux de décembre 1993 et 1999, qui ont provoqué des inondations généralisées.

La crue de 1993, qui a débuté le 19 décembre a touché successivement le bassin de la Lawe (affluent de la Lys), celui de l'Aa et enfin celui de la Lys.

Sur l'Aa, le débit a atteint 22 m^3/s le 20 décembre pour redescendre à 14 m^3/s le 22 décembre (mesures à Wizernes, à l'amont du Marais Audomarois). Cette accalmie fut mise à profit pour soulager le bief amont de l'écluse des Fontinettes en effectuant des transferts d'eau de la Lys vers l'Aa, et en utilisant au maximum le pompage à Mardyck et les évacuations gravitaires à Gravelines. Dans la nuit du 23 au 24 décembre, le débit de l'Aa est passé brutalement à 35 m^3/s, et devant la gravité de la situation dans l'Audomarois, les transferts ont été arrêtés. Dans la nuit qui suivit, le bief Cuinchy – Fontinettes a débordé en plusieurs points et les autorités préfectorales ont donc pris la décision de reprendre les transferts.

En décembre 1999, l'eau est montée de 60 cm dans le canal de Neufossé, formant un immense lac artificiel couvrant presque la totalité du marais Audomarois. De nombreuses habitations et usines ont été touchées sur l'Audomarois. L'ensemble du département du Pas-de-Calais a été déclaré en état de catastrophe naturelle.

Depuis 2000, les principales inondations qui ont touché le secteur d'étude sont celles de mars 2002, décembre 2006 et décembre 2009.

La crue de novembre 2009 a été généralisée à l'ensemble du territoire des wateringues. Il y a eu peu de débordements.

Les crues de 2002 et 2006 ont eu un impact plus local : celle de mars 2002 a concerné essentiellement le bassin de l'Aa (avec une inondation importante dans le marais audomarois) et celle de décembre 2006 a plutôt touché le bassin de la Hem et le marais audomarois.

3.3 DÉBITS ET COTES DES PRINCIPALES CRUES

Le tableau suivant récapitule les débits enregistrés sur l'Aa à Wizernes pendant les principales crues survenues entre 1988 et 2006 :

Date des crues	Débit journalier (m^3/s)
6-7 fév. 1988	36
11 janv. 1993	33.4
4 nov. 1998	29.3
27 déc. 1999	38.1
1er mars 2002	50.2
Aout 2006	10.3

Tableau 3-2 : Débits enregistrés à Wizernes lors des principales crues entre 1988 et 2006

Le marais Audomarois réagit aux crues de manière uniforme sur l'ensemble de sa superficie comme une vaste zone tampon. Dans ces conditions, l'évaluation de l'ampleur d'une crue dans le marais s'exprime plutôt en niveau d'eau qu'en débit. Le tableau ci-dessous synthétise les niveaux d'eau atteints au cours des principales inondations ayant touché le marais.

Date de l'évènement	Niveau d'eau max dans les marais (m NGF)
nov. 1998	2.8
déc. 1999	3.06
mars 2002	3.1

Tableau 3-3 : Cote des crues historiques dans le marais audomarois

Dans le marais Audomarois, les niveaux d'eau montent au gré des crues de l'Aa et des conditions d'évacuation générale des eaux en aval de Watten. Les hauteurs d'eau y sont relativement modérées, globalement inférieures à 1 m ; il s'agit de zones de stockage des eaux sans écoulement, par contre les durées de submersion peuvent être longues. L'emprise de la zone inondable est d'environ 21 km² en crue de référence centennale. A la cote de référence centennale de 2,95 m NGF, le stockage dans la Marais est de l'ordre de 5,5 Millions de m^3. A 3,5 m NGF, le stockage potentiel est de 11 Millions de m^3.

3.4 ZONES INONDABLES

La DREAL et les deux DDTM (59 et 62) ont regroupé et harmonisé les différentes cartes des zones inondées constatées du secteur des wateringues réalisées précédemment. Un niveau de fiabilité a été attribué à chaque donnée, pour ensuite réaliser des cartes par niveau de fiabilité. Trois niveaux de fiabilité pour une crue (1, 10 et 100) ont été définis :

- **code 1**: report ponctuel d'une simple mention dans la presse ou d'un témoignage.
- **code 10**: localisation cartographique approximative (« patatoïde » par exemple pour le 62) et ZIC sur plan papier d'origine inconnue ou à contour peu fiable.
- **code 100**: relevé de terrain sur fond de carte IGN© au 1/25 000ème avec origine connue et fiable ou plan validé. C'est également le cas pour les relevés à partir de photos prises au sol et/ou aériennes.

Au totale, 14 événements ont été pris en compte pour réaliser la carte des zones d'inondation constatées. Cette dernière est présentée page suivante.

Evénements pris en compte pour réaliser la carte :

1981-1982	2001
Février 1988	Mars 2002
Décembre 1993	2004
Janvier 1995	2005
Novembre 1998	2006
Décembre 1999	2007
2000	2009

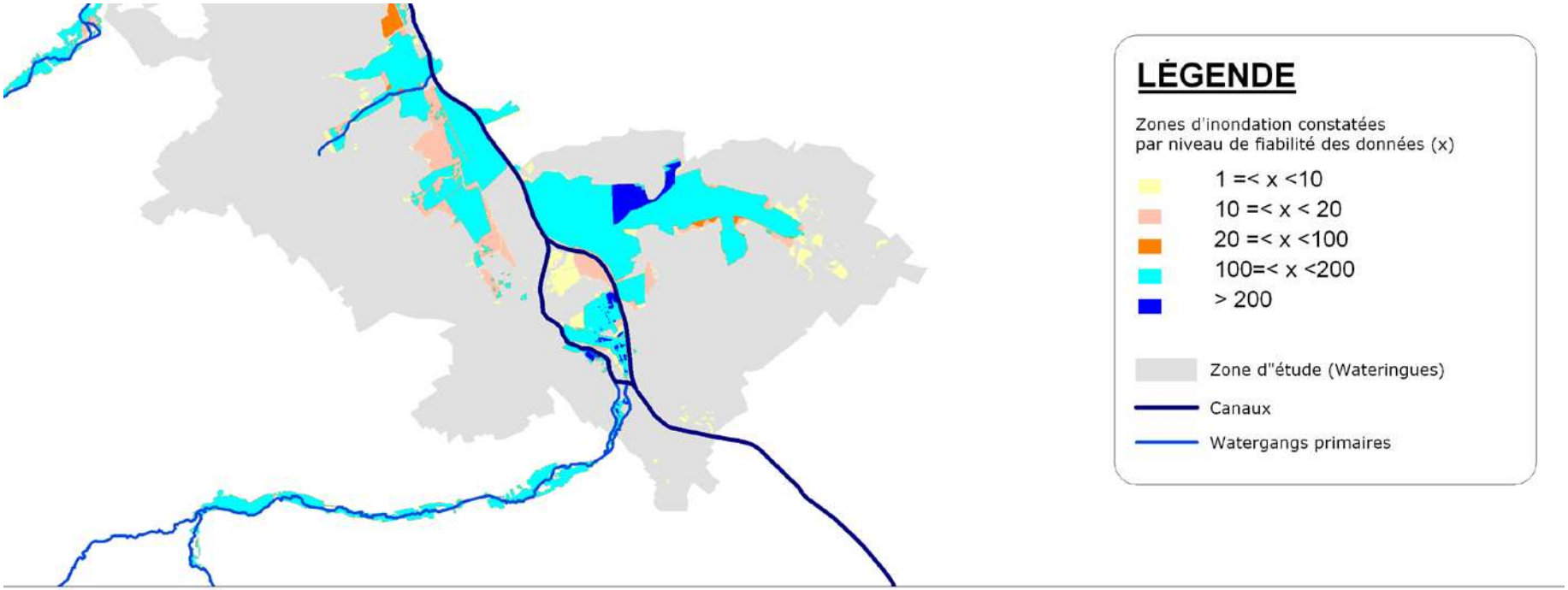


Figure 3-1 : Zones d'inondation constatées

4 PRÉSENTATION DU MODELE HYDRAULIQUE

Dans le cadre de l'« Etude hydraulique de caractérisation de l'aléa inondation par les eaux continentales dans le secteur des Wateringues » réalisée pour la DREAL Nord Pas-de-Calais, un modèle hydrologique et hydraulique représentant l'ensemble du territoire des Wateringues à l'aval de Watten a été réalisé sous Hydrariv. Ce modèle est décomposé en quatre sous-modèles dont le sous-modèle Saint-Omer délimité à l'amont par la station hydrométrique de Wizernes sur l'Aa.

4.1 DONNÉES TOPOGRAPHIQUES

Le modèle a été construit sous Hydrariv à partir des données topographiques suivantes :

- Levé LIDAR, fourni par la DREAL, datant de 2006, couvrant le nord-est du TRI
- Profils en travers, datant de 2002 et fournis par Sogreah
- Levés bathymétriques réalisés par le cabinet de géomètre Jacques Lefebvre, en 2011, sur l'AA

Il pourra être étendu à l'aide des données suivantes :

- Levé LIDAR fourni par la DREAL, datant de 2013, couvrant le secteur sud-ouest du marais Audomarrois
- Profils en travers entre Esquerdes et Wizernes, fournis par le SMAGEAa

4.2 PRINCIPES DE LA MODÉLISATION

Ce modèle a pour principal objectif de propager l'hydrogramme de crue de l'Aa depuis Wizernes jusqu'au partiteur de Watten en tenant compte du rôle tampon des marais Audomarois. On a réalisé une modélisation mixte filaire casiers :

- La modélisation filaire permet de représenter les principaux chenaux d'écoulements. La géométrie de ces ouvrages a été décrite à l'aide de profils en travers levés par un géomètre. Cette modélisation intègre les pertes de charge provoquées par les principaux ouvrages singuliers (écluses, siphons, vannages, ponts et aqueducs).

- La modélisation à casiers est utilisée pour représenter la zone des écoulements du marais Audomarois. La géométrie du marais a été décrite à partir du MNT fourni par la DREAL. Cette modélisation intègre les différentes liaisons hydrauliques possibles entre les casiers et les canaux, de manière à bien reproduire la dynamique de remplissage et de vidange du marais.

Voici une vue du modèle de Saint-Omer sous Hydrariv :

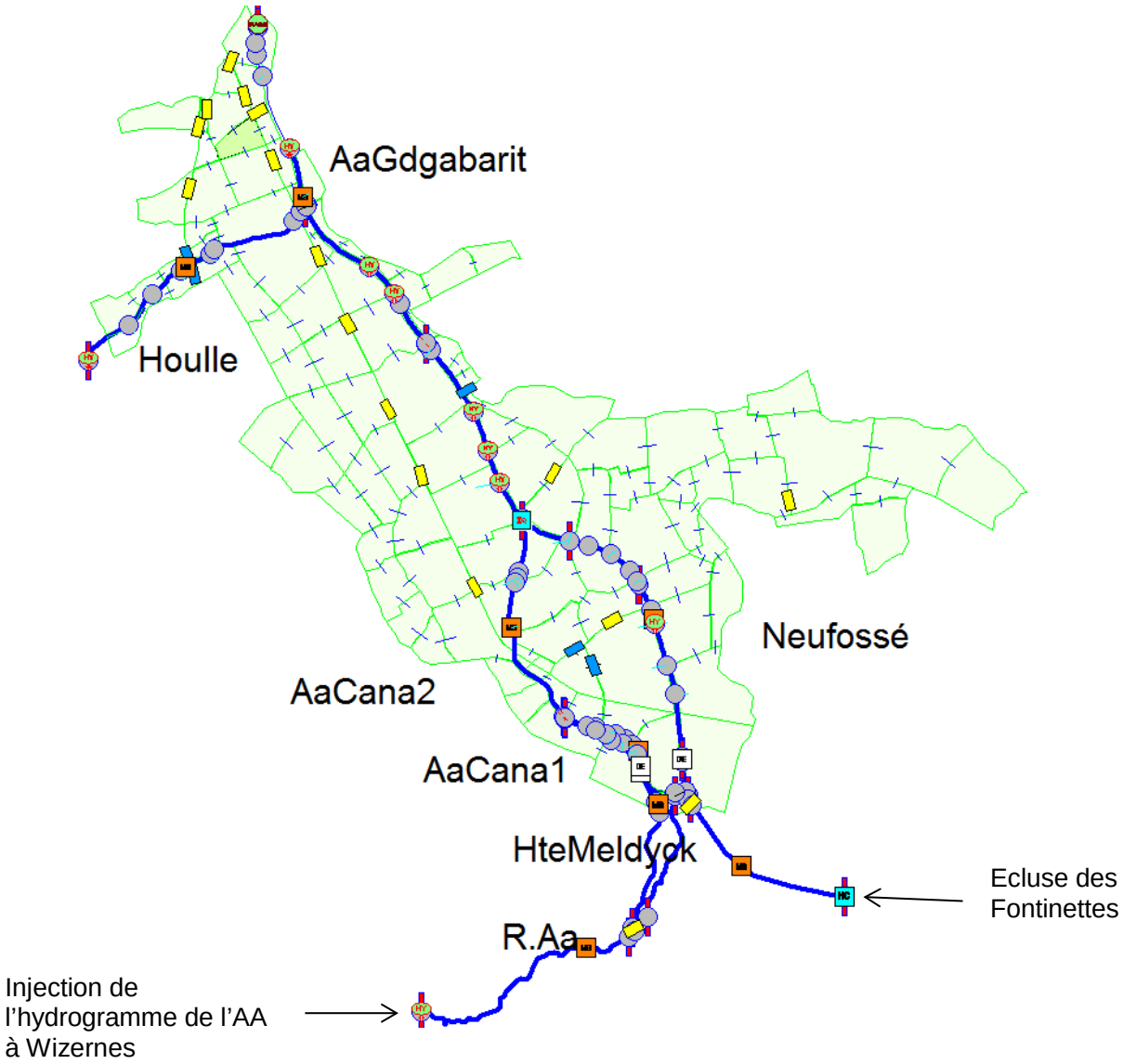


Figure 4-1 : Vue du modèle de Saint-Omer sous Hydrariv

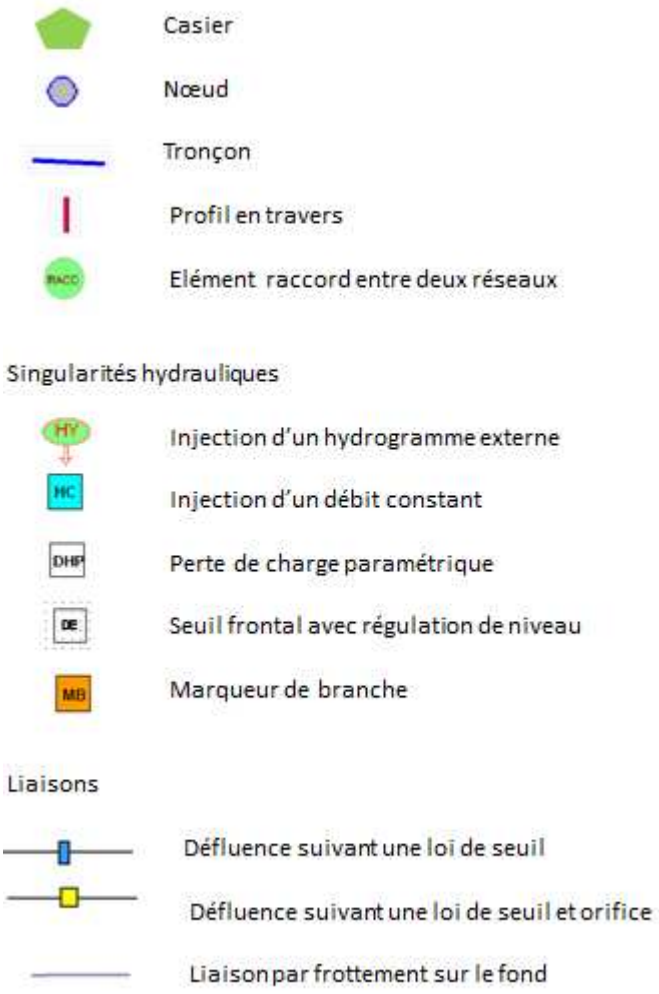


Figure 4-2 : Légende des symboles utilisés sous Hydrariv

La comparaison des limites du modèle existant à la carte des zones d'inondation constatées donnée au chapitre précédent met en évidence la nécessité d'ajouter des casiers le long du bief situé à l'amont du modèle afin de pouvoir représenter les inondations dans ce secteur. Le modèle devra également être prolongé à l'amont de Wizernes jusqu'à la limite du TRI. Lors de l'analyse du LIDAR, on pourra identifier éventuellement d'autres zones à étendre à l'aide de casiers.

4.3 CALAGE DU MODÈLE

La pertinence du modèle a été testée en comparant ses résultats avec le fonctionnement réel du système constaté lors des épisodes de crues de novembre 2009 (période de retour : 50 ans) et de décembre 2006 (période de retour : 10 ans)[1].

En particulier, l'analyse de la crue de novembre 2009 a permis d'ajuster le modèle de manière significative, grâce à la richesse des informations disponibles (sur les débits des cours d'eau amont, les hauteurs d'eau dans les canaux, le fonctionnement des ouvrages particuliers et les zones inondées).

La crue de décembre 2006 est moins forte que la précédente mais bénéficie de données de mesures permettant de valider ou de moduler le calage du modèle réalisé pour la crue de novembre 2009.

[1] On se reportera utilement au rapport d'étape 2.2 de l'étude de caractérisation de l'aléa inondation dans le secteur des Wateringues pour le détail du choix de ces crues de calage

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

Nord-Pas de Calais

Phase 4 : Détermination des débits pour l'événement extrême

TRI de Saint-Omer

01633189 | Mars 2014 | v3

hydratec
groupe setec

hydratec
groupe setec

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

Email : hydra@hydra.setec.fr

T : 01 82 51 64 02
F : 01 82 51 41 39

Directeur d'affaire :

Responsable d'affaire :

N°affaire : 01633189

Fichier : 33189_phase4 _stomer.docx

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	04/10/2013	TTC	NVC	17	
2	25/10/2013	TTC	NVC	18	Dernière version
3	21/03/2014	TTC	NVC	18	Édition 2014

TABLE DES MATIÈRES

1 Contexte de l'étude 5
2 Principe de la démarche 7
3 Caracterisation de la pluie 8
3.1 Répartition temporelle 8
3.2 Répartition spatiale 8
4 Modeles Pluies-Débits 10
4.1 Bassins versant des collines 10
4.2 Bassin versant de l'AA 11
4.2.1 Hydra-BV 11
4.2.2 Modèle RSVL-BV 14
4.2.3 Calage et validation des modèles 16
4.3 Hydrogramme de crue millénale 18

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1-1 : Emprise du secteur d'étude 6
Figure 3-1 : Répartition de la pluviométrie journalière 8
Figure 3-2 : Répartition spatiale de la pluviométrie 9
Figure 4-1: Bassin versant de transformation pluie - débit 10
Figure 4-2 : Schéma du modèle Hydra-BV 13
Figure 4-3 : Schéma du modèle RSVL-BV 15
Figure 4-4 : Hydrogrammes de l'AA pour la crue de décembre 1999 17
Figure 4-5 : Hydrogrammes de l'AA pour la crue de décembre 1993 18
Figure 4-6 : Hydrogramme de l'AA pour l'événement extrême 18

Tableau 3-1 : Cumuls pluviométriques sur 2 jours et 8 jours 9
Tableau 4-1 : Paramètres de calage du modèle hydrologique sur l'AA 16

1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

La directive européenne du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, a été transposée en droit français par l'article 221 de la LENE (Loi portant Engagement National pour l'Environnement) du 12 juillet 2010 et par le décret n°2011 -227 du 2 mars 2011, qui modifient le code de l'environnement.

En application de ce décret, la mise en œuvre comporte les 4 étapes suivantes :

1) Evaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI),
2) Identification des territoires à risque important d'inondation (TRI),
3) Elaboration des cartes des surfaces inondables et des cartes des risques d'inondation dans les TRI pour trois probabilités de dépassement,
4) Elaboration des plans de gestion des risques d'inondation (PGRI).

Le présent marché concerne la réalisation des cartes des zones inondables représentant l'aléa pour le scénario extrême uniquement (période de retour de l'événement supérieur à 1000 ans) pour trois TRI selon les spécifications et hypothèses définies dans le CCTP. Seul le débordement des cours d'eau est à prendre en compte.

Les trois TRI définis dans le Nord – Pas-de-Calais et faisant l'objet de la présente étude sont :

- Le TRI de Maubeuge (Sambre et Solre),
- Le TRI de Saint-Omer (Aa et Marais Audomarois),
- Le TRI de Béthune/Armentières (Lys).

La phase 4 a pour objectif de déterminer les débits caractéristiques de l'événement extrême (période de retour retenue : 1000 ans). Les débits de la crue millénale sur l'ensemble du secteur des Wateringues ont été déterminés dans le cadre de l' « Etude hydraulique de caractérisation de l'aléa inondation par les eaux continentales dans le secteur des Wateringues » pour le compte de la DREAL Nord-Pas-de-Calais.

Le présent rapport expose la démarche employée pour caractériser l'aléa extrême sur le secteur de Saint-Omer. Pour plus de détails, on pourra se reporter à l'étude précédemment citée.

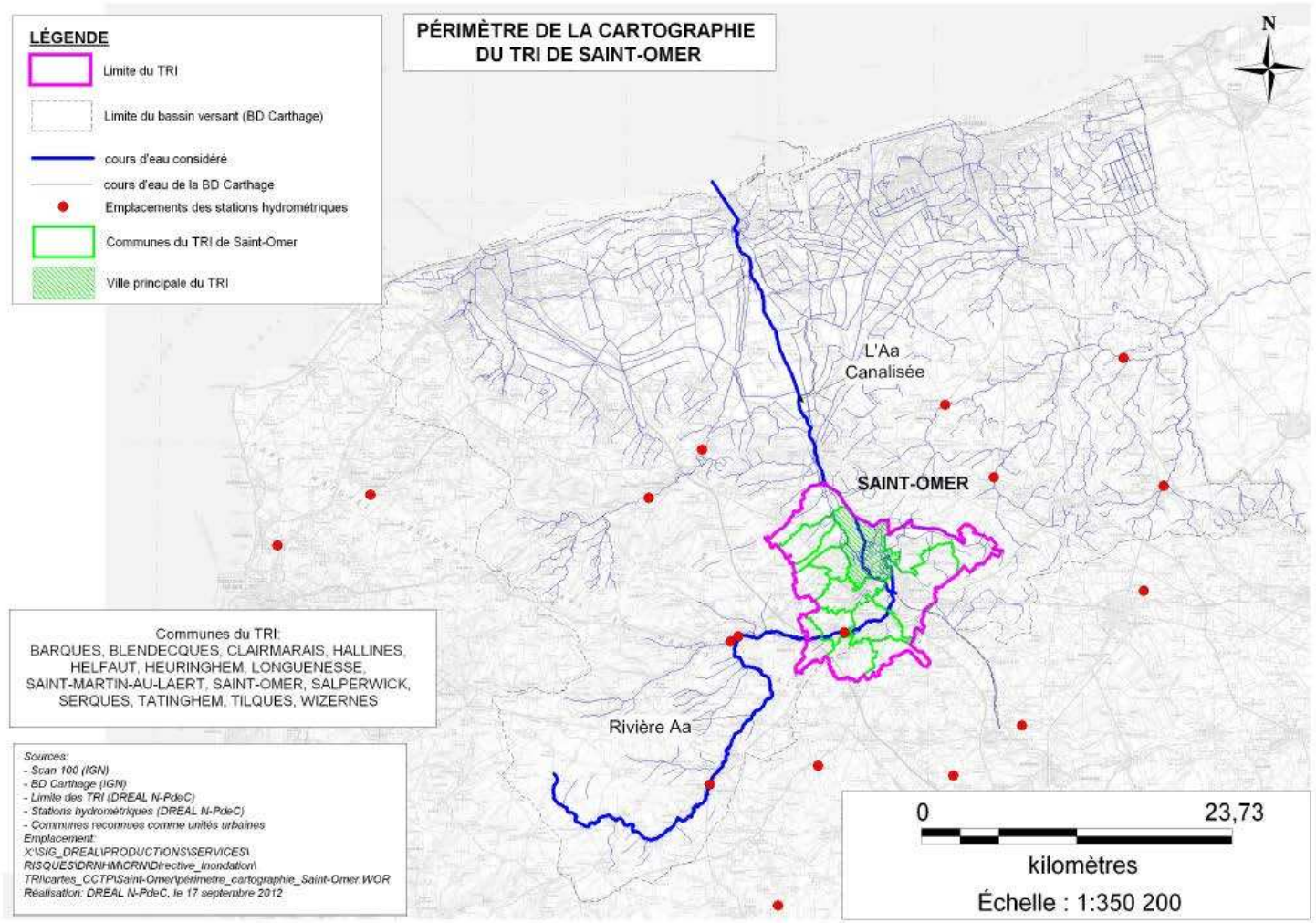


Figure 1-1 : Emprise du secteur d'étude

2 PRINCIPE DE LA DÉMARCHE

Le secteur des Wateringues reçoit plusieurs types d'apports, provenant :

Des bassins versants amont de l'AA,

Des bassins versants amont des collines de l'Artois et de la Flandre intérieure,

De la dérivation de la Lys.

Ces apports ont été évalués de la manière suivante :

Le débit de la Lys via l'écluse des Fontinettes a été fixé à 2 m^3/s.

Découpage des bassins versants amont en sous-bassins versants,

Analyse statistique de la répartition spatiale et temporelle de la pluie à l'origine de la crue,

Analyse statistique des débits de crue de l'AA à l'amont du secteur d'étude,

Mise en œuvre de deux types de modèles de transformation pluies-débits

Pour les bassins versants des collines de l'Artois et de la Flandre intérieure, un modèle simple basé sur la méthode du simple réservoir linéaire,

Pour les bassins versants amont de l'AA, un modèle plus élaboré permettant de tenir compte de la saturation progressive des sols.

Les hydrogrammes ainsi générés sont ensuite injectés dans le modèle hydraulique.

3 CARACTERISATION DE LA PLUIE

Les apports du TRI de Saint-Omer lors de l'événement extrême ont été évalués à partir d'une pluie hivernale sur 8 jours avec une durée intense de deux jours. Le détail des choix des paramètres pour effectuer cette évaluation, est indiqué dans le rapport d'étape 2.1 de l'étude de caractérisation de l'aléa inondation dans le secteur des Wateringues.

3.1 RÉPARTITION TEMPORELLE

La pluviométrie journalière sur les 8 jours de l'événement suit la forme suivante :

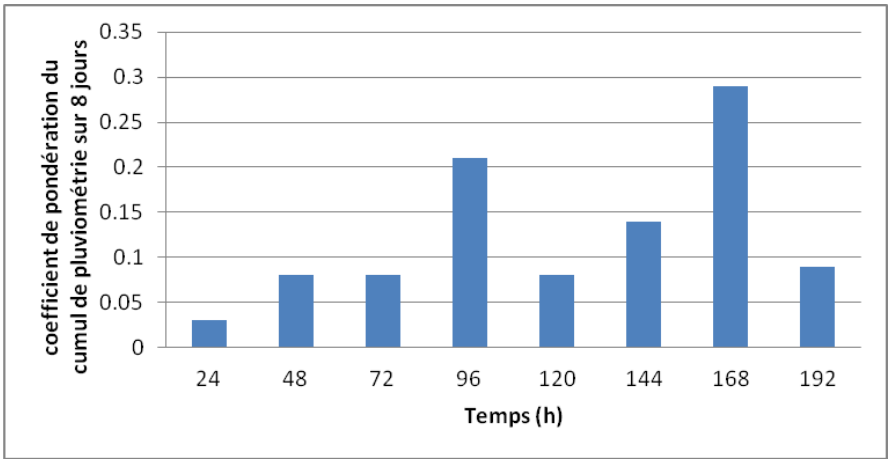


Figure 3-1 : Répartition de la pluviométrie journalière

3.2 RÉPARTITION SPATIALE

La répartition spatiale de la pluviométrie, sur l'ensemble du territoire des Wateringues a été définie par interpolation par rapport à la pluviométrie calculée aux stations METEO de Audruicq, Licques, Fruges et Dunkerque.

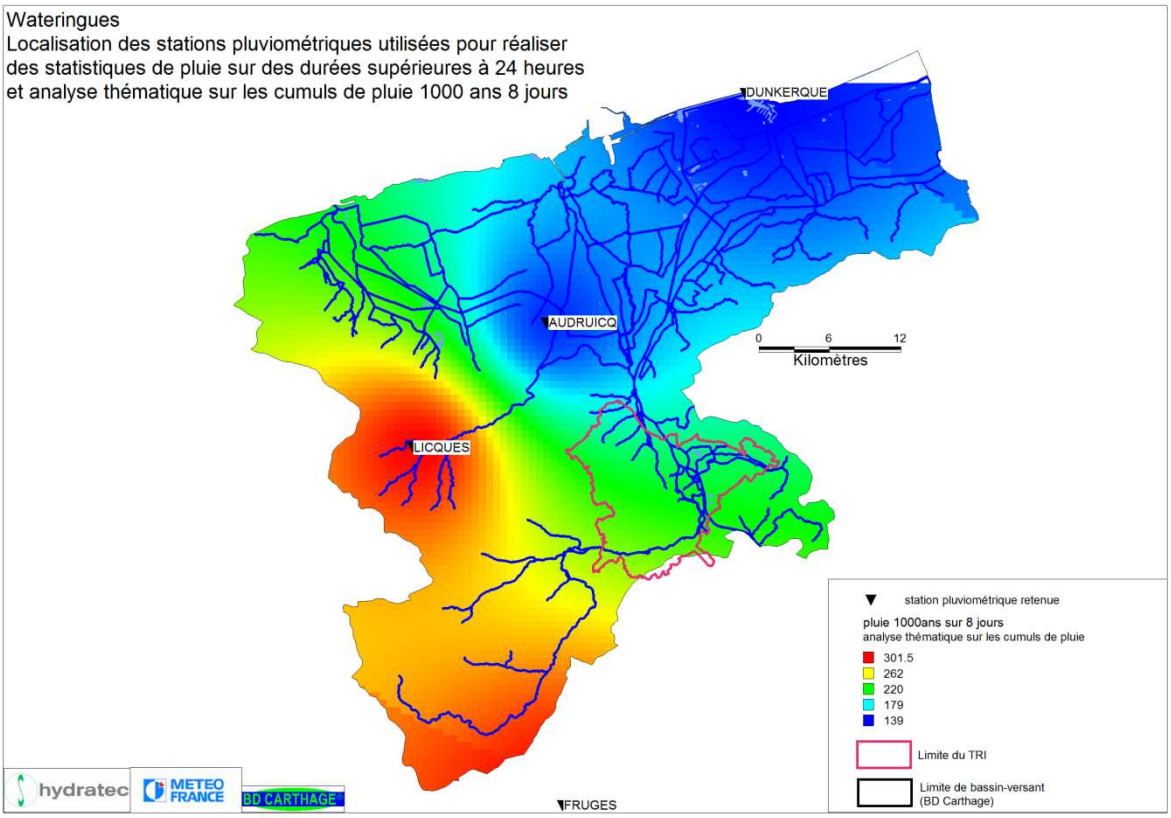


Figure 3-2 : Répartition spatiale de la pluviométrie

Les cumuls pluviométriques aux quatre stations ont été calculés de la manière suivante :

- Pour Audruicq et Dunkerque : on a réalisé un ajustement statistique par une loi de Gumbel
- Pour Licques et Fruges : on a réalisé un ajustement statistique par une loi de Frechet pour Licques et par une loi de Gumbel pour Fruges ; et on leur a attribué la valeur moyenne des deux cumuls pluviométriques obtenus.

Le tableau ci-après résume les cumuls pluviométriques sur 2 jours et 8 jours obtenus aux quatre stations :

Sous-secteur (station de référence)	Cumul sur 2 jours	Cumul sur 8 jours
Audruicq	62.8mm	146mm
Fruges	129.6mm	301.5mm
Licques	129.6mm	301.5mm
Dunkerque	59.8mm	139mm

Tableau 3-1 : Cumuls pluviométriques sur 2 jours et 8 jours

4 MODELES PLUIES-DÉBITS

Dans le cadre de l'étude précédente, plusieurs modèles de transformation pluie-débit ont été mis en œuvre. Ces modèles sont présentés dans l'étude mise en annexe de ce rapport.

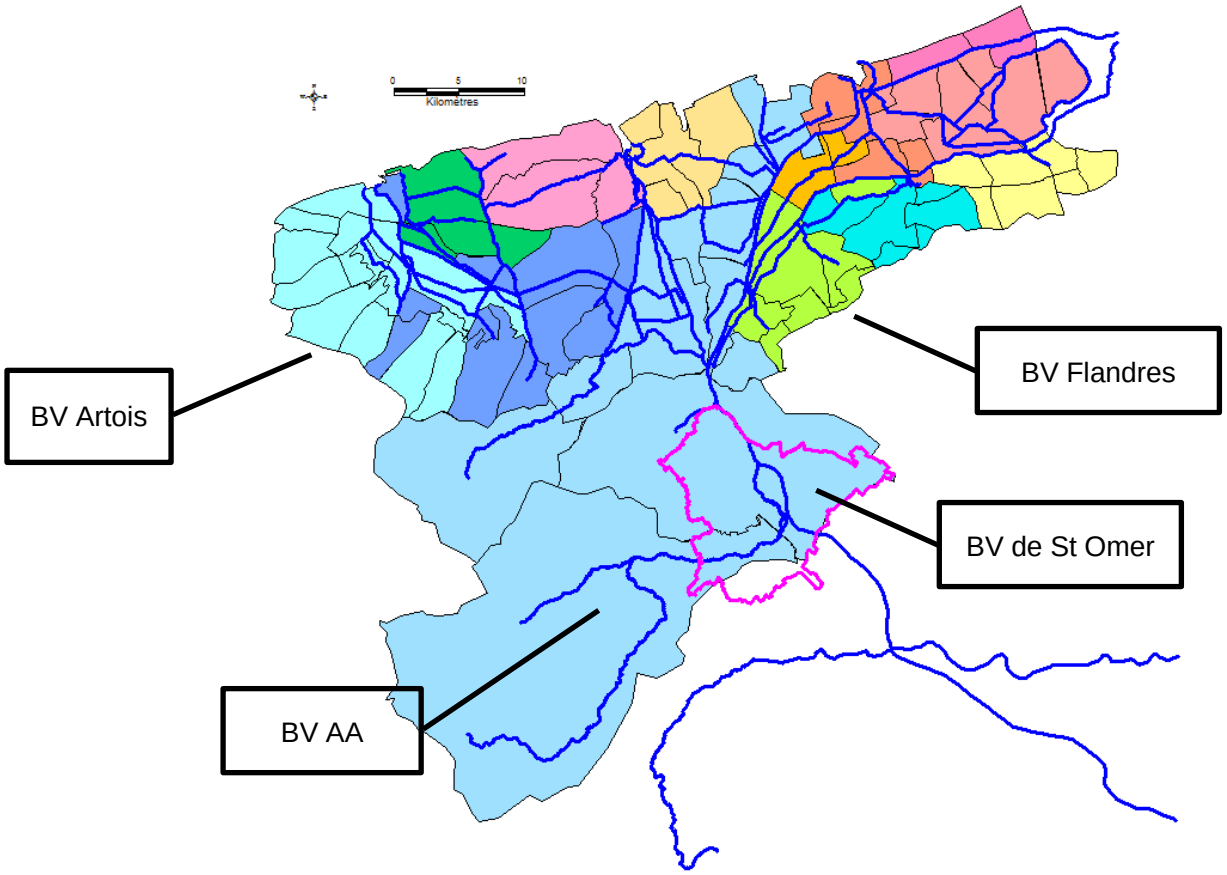


Figure 4-1: Bassin versant de transformation pluie - débit

4.1 BASSINS VERSANT DES COLLINES

Pour les bassins versant des collines de l'Artois et de la Flandre intérieure, les apports ont été calculés à partir d'un modèle simple basé sur la méthode du réservoir linéaire.

On ne dispose pour ces bassins versants d'aucune donnée hydrométrique permettant de caler directement des modèles de production. Néanmoins l'analyse des sols suggère une similitude de comportement avec les bassins de la Hem. Les caractéristiques des bassins de la Hem ont été déterminés dans le cadre de l' « Etude hydraulique de caractérisation de l'aléa inondation par les eaux continentales dans le secteur des Wateringues ». On a donc sélectionné pour chacun des autres secteurs d'apport un modèle de production basé sur :

- un coefficient de ruissellement moyenné sur la durée de la crue et calé sur celui trouvé pour le bassin de la Hem.
- une fonction de transfert de type Socose. Le temps de concentration est calculé par la formule de Giandotti à partir des données de longueur et de pente de chaque bassin.

4.2 BASSIN VERSANT DE L'AA

Pour les bassins versants de l'Aa, un modèle plus élaboré permettant de tenir compte de la saturation progressive des sols a été élaboré. Il a été proposé d'utiliser deux modèles, chacun affecté d'une surface propre :

- le modèle HYDRA-BV conçu pour les terrains plutôt imperméables,
- le modèle RSVL-BV adapté au cas des terrains perméables.

Les caractéristiques de chaque modèle sont précisées ci-après.

4.2.1 Hydra-BV

La loi de production pluie-débit employée est dérivée de la méthode SCS (Soil Conservation Service).

Le schéma conceptuel de ce modèle est présenté dans la figure donnée page suivante.

Dans ce modèle, le sol est décomposé en deux couches superposées :

- la réserve facilement utilisable (RFU),
- la couche de sol intermédiaire (J_0),

La RFU est la couche de sol directement alimentée par la pluie brute et qui se vidange par évapotranspiration (ETP). En cas de saturation, l'excédent rejoint la couche de sol intermédiaire.

La couche de sol intermédiaire, alimentée par l'excédent de la couche RFU, se vidange par ressuyage, par ruissellement, et aussi par pertes vers les couches profondes.

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

Ce modèle très simple dans sa conception, est défini par 5 paramètres :

- RFU : Hauteur de la Réserve Facilement Utilisable exprimée en mm.
- J : La hauteur d'interception potentielle du sol en mm.
- K : Le temps de réponse du bassin au ruissellement, en jour.
- Tr : Le temps de réponse du bassin au ressuyage, en jour.
- f_o : Perte par infiltration vers les couches profondes en mm/j.

Sur la page suivante, est donné le schéma de fonctionnement du modèle Hydra-BV.

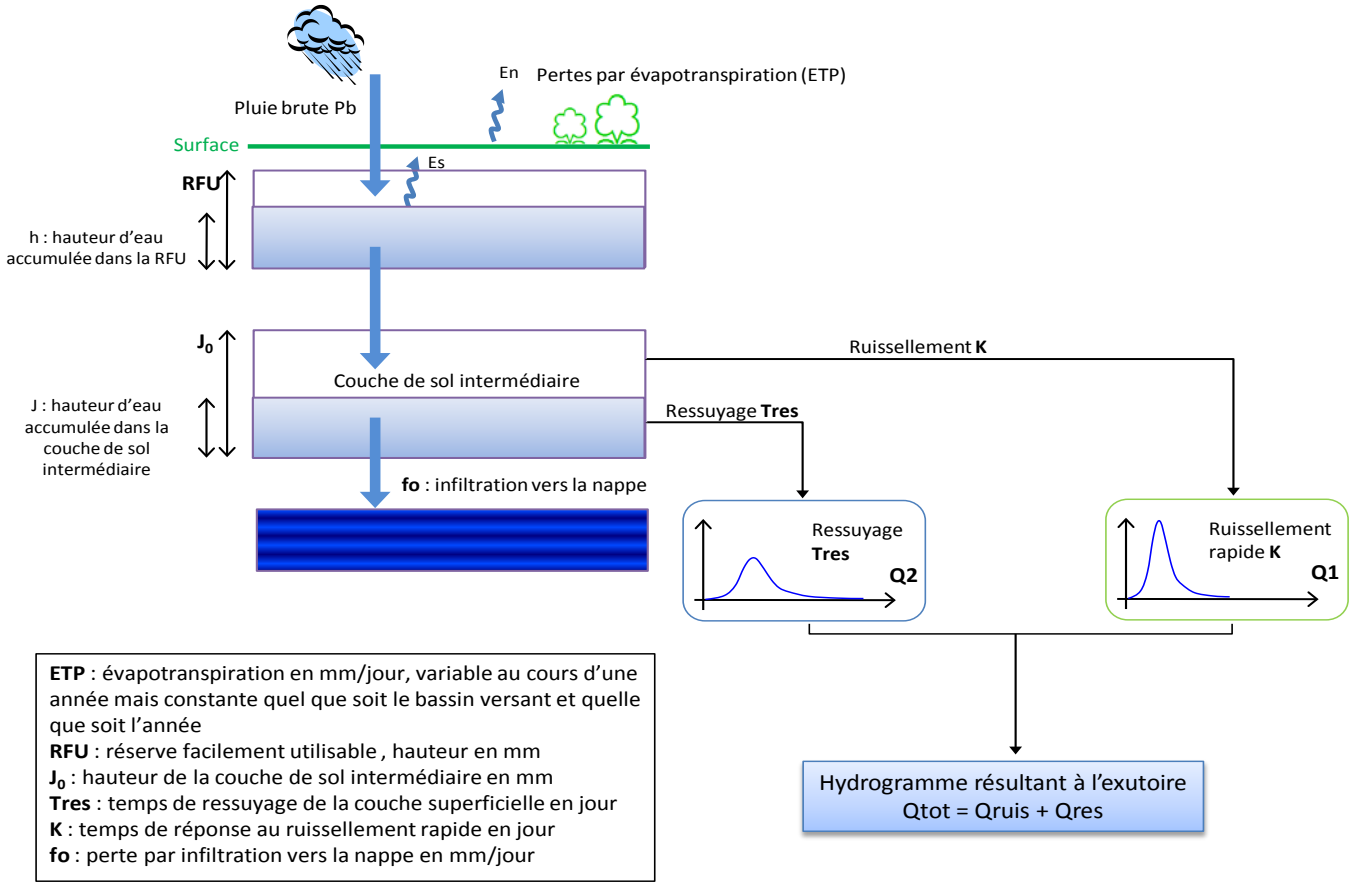


Figure 4-2 : Schéma du modèle Hydra-BV

4.2.2 Modèle RSVL-BV

La RFU est la couche de sol directement alimentée par la pluie brute et qui se vidange par évapotranspiration. En cas de saturation, l'excédent rejoint le réservoir de nappe (identique au modèle SCS « modifié »).

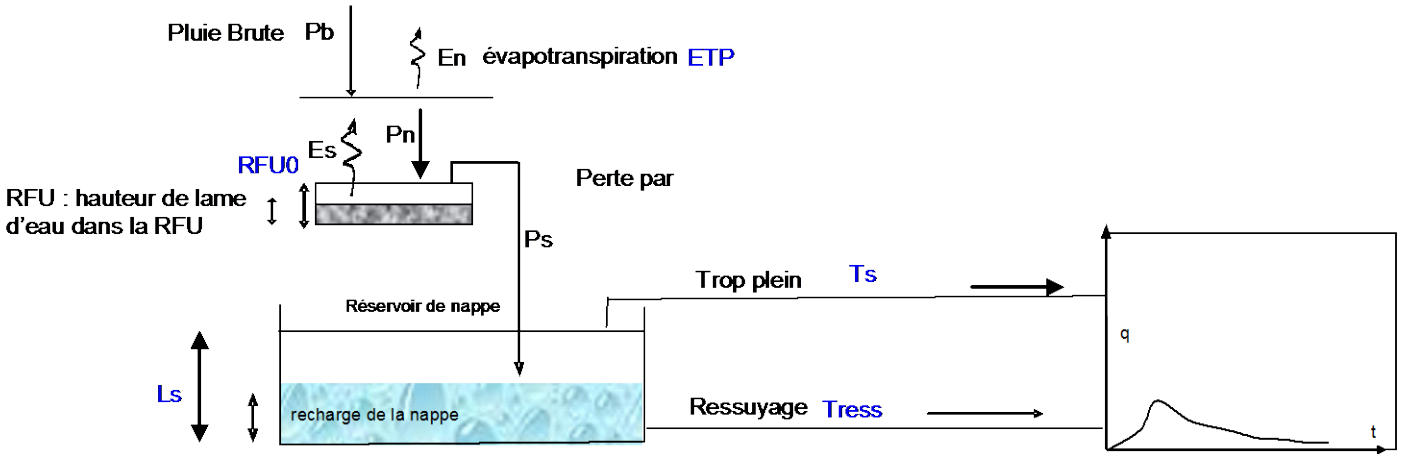
Le réservoir de nappe, alimenté par l'excédent de la couche RFU, se vidange par tarissement.

Le débit vers la rivière est fonction de la recharge de la nappe.

Ce modèle est défini par 4 paramètres :

- RFU_0 : capacité de la RFU en mm.
- Tress : Temps de ressuyage - réponse de la nappe en jours.
- Ls : capacité du réservoir souterrain (mm). Le réservoir déborde au-delà de cette capacité.
- Ts : temps de réponse de l'écoulement en cas de débordement.

Sur la page suivante, est donné le schéma de fonctionnement du modèle RSVL-BV.



Les paramètres de calage du modèle sont :

ETP : Evapotranspiration exprimée en mm/j. Considérée comme variable au cours d'une année mais constante quelle que soit le bassin versant et quelle que soit l'année considérée.

RFU0 : Hauteur de la RFU

Tress : Temps de ressuyage - réponse de la nappe en jour

Ls : Capacité du réservoir souterrain

Ts : Temps de réponse en cas de trop plein

Figure 4-3 : Schéma du modèle RSVL-BV

4.2.3 Calage et validation des modèles

Le modèle de production sur le bassin versant de l'AA a été calé et validé sur les crues de décembre 1993, décembre 1999, novembre 2009 et décembre 2006 par comparaison des calculs avec les mesures de débit journalier[1].

Le tableau ci-après précise les paramètres de calage retenu :

Nom du bv	Surface de bv en km2	Module HYDRA-BV					Module RSVL-BV		
		S (km2)	J_0 (mm)	K (j)	Tres (j)	RFU (mm)	S (km2)	RFU_0 (mm)	Tres (j)
Aa à Wizermes	390	167	190	0.85	95	70	223	140	115

Tableau 4-1 : Paramètres de calage du modèle hydrologique sur l'AA

Pour le bassin versant de Saint-Omer, on a utilisé un coefficient de ruissellement constant égal à 0.27 et un temps de concentration de 3h.

La comparaison des hydrogrammes calculés (en bleu) et mesurés (en rouge), pour les crues de calage, est présentée ci-après.

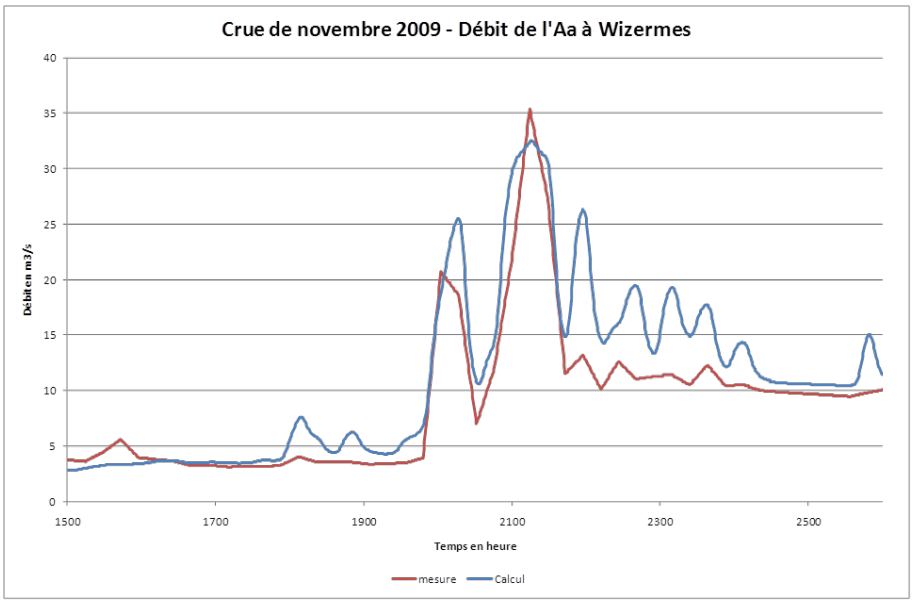


Figure 4-1 : Hydrogrammes de l'AA pour la crue de novembre 2009

[1] Le rapport d'étape 2.1 de l'étude de caractérisation de l'aléa inondation dans le secteur des Wateringues explique le choix de ces crues de calage

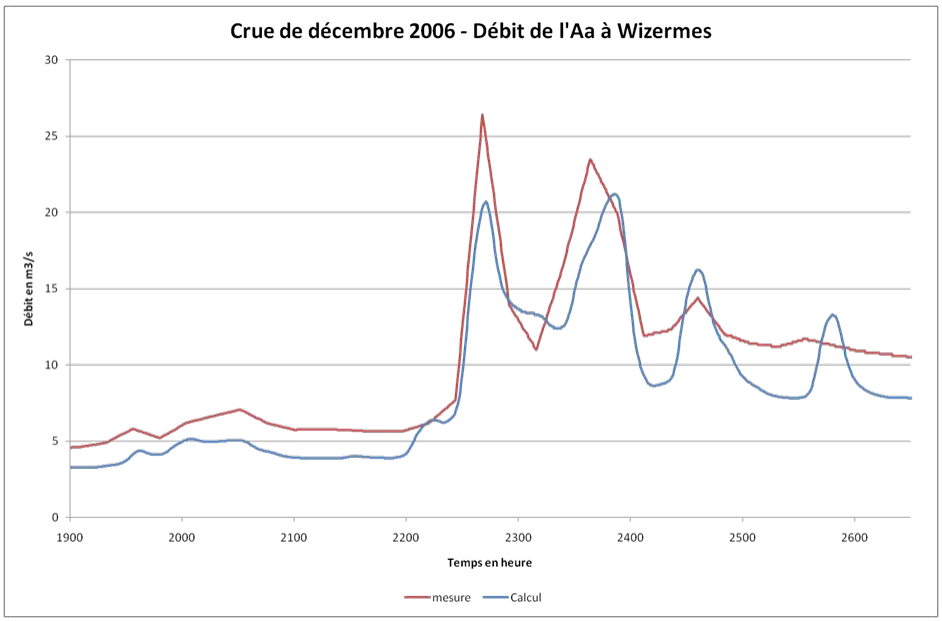


Figure 4-2 : Hydrogrammes de l'AA pour la crue de décembre2006

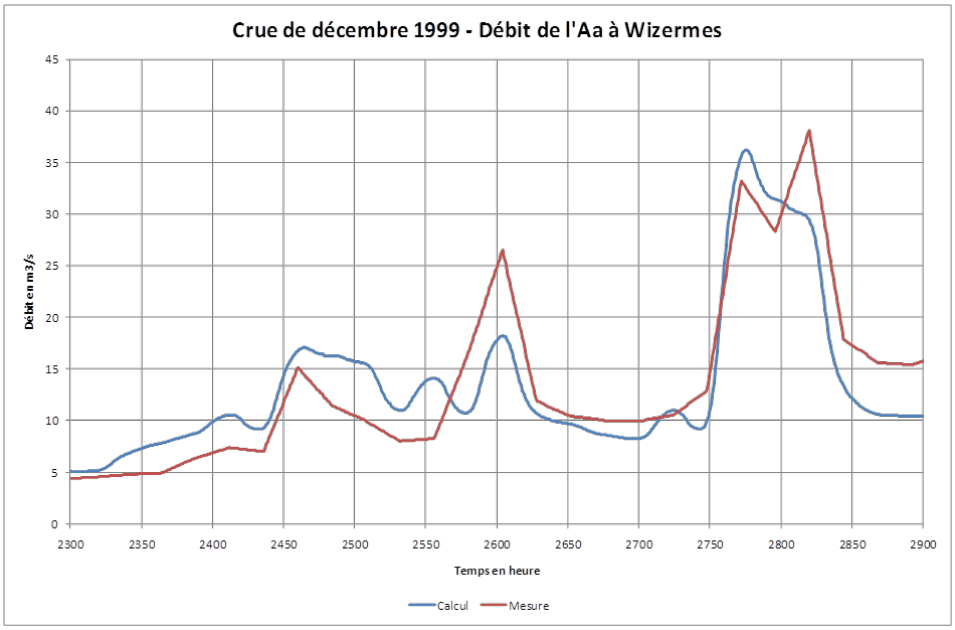


Figure 4-4 : Hydrogrammes de l'AA pour la crue de décembre 1999

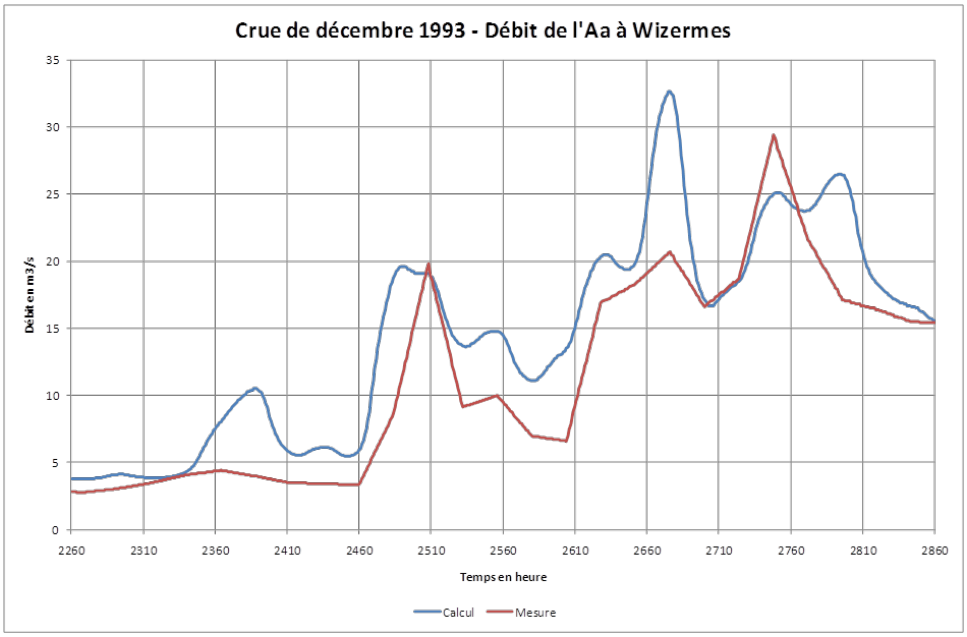


Figure 4-5 : Hydrogrammes de l'AA pour la crue de décembre 1993

4.3 HYDROGRAMME DE CRUE MILLÉNALE

L'hydrogramme de l'AA en entrée du modèle hydraulique lors de l'événement extrême, obtenu par cette démarche, a la forme suivante :

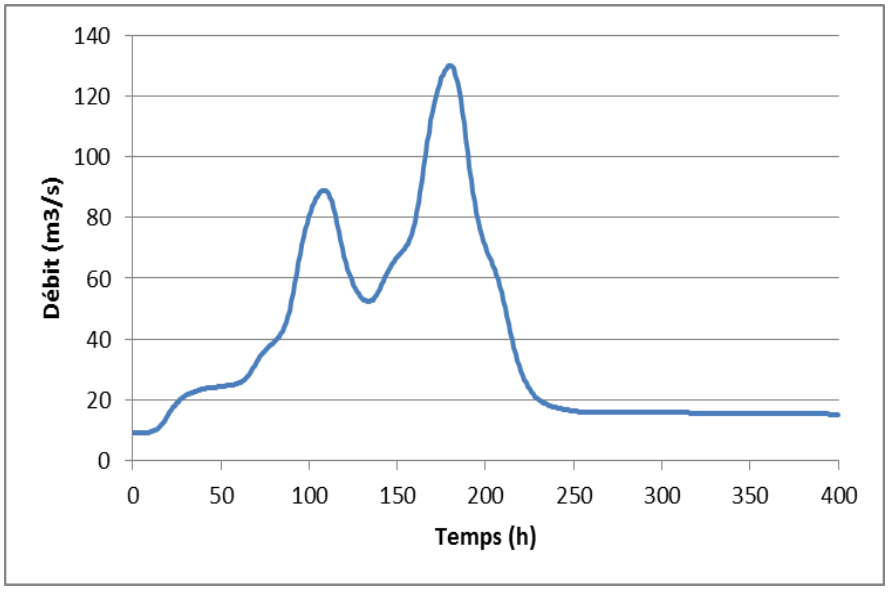


Figure 4-6 : Hydrogramme de l'AA pour l'événement extrême

La crue se forme en 4 jours la décrue étant fortement avancée en 10 jours.

Le débit de pointe est de l'ordre de 130 m^3/s.

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

Nord-Pas de Calais

Phase 5 : Modélisation et cartographie des zones inondables

TRI de Saint-Omer

01633189 | Mars 2014 | v3

hydratec
groupe setec

hydratec
groupe setec

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

Email : hydra@hydra.setec.fr

T : 01 82 51 64 02
F : 01 82 51 41 39

Directeur d'affaire :

Responsable d'affaire :

N°affaire : 01633189

Fichier : 33189_phase5_stomer_v2.docx

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	01/10/2013	TTC	NVC	28	
2	18/10/2013	TTC	NVC	27	Dernière version
3	21/03/2014	TTC	NVC	39	Édition 2014

TABLE DES MATIÈRES

1 Contexte de l'étude 5
2 Modélisation 7
2.1 Rappel sur le modèle hydraulique existant 7
2.2 Adaptation du modèle hydraulique 11
2.3 Calage du Modèle 17
2.4 Définition du scénario millénal 19
3 Réalisation de la cartographie 23
3.1 Génération d'une base topographique homogène 23
3.2 Tracé du contour des zones inondables 24
3.3 Résultats et limites 24
4 Incertitudes 26
4.1 Incertitudes au niveau de la modélisation 26
4.1.1 Incertitudes sur les débits 26
4.1.2 Incertitudes sur les hauteurs 27
4.1.3 Conséquences sur l'emprise de la zone inondable 33
4.2 Incertitudes au niveau de la cartographie 36
4.3 Carte des zones inondables par la crue extrême 37

VOLUME À PART:

Atlas des crues extrêmes : 4 CARTES A3

CARTE A0

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1-1 : Emprise du secteur d'étude 6
Figure 2-1 : Légende des symboles utilisés sous Hydrariv 8
Figure 2-2 : Vue du modèle de Saint-Omer sous Hydrariv 9
Figure 2-3 : Profil en travers initial avec le niveau d'une crue exceptionnelle 12
Figure 2-4 : Profil en travers final avec le niveau d'eau d'une crue exceptionnelle 12
Figure 2-5 : Localisation des ouvrages 13
Figure 2-6 : Croquis de définition du PL1D 14
Figure 2-7 : Vue du modèle adapté de Saint-Omer sous Hydrarv 15
Figure 2-8 : Limnigrammes à Watten en décembre 2006 et novembre 2009 17
Figure 2-9 : Limnigrammes à l'Écluse des Flandres en décembre 2006 et novembre 2009 17
Figure 2-10 : Hydrogrammes à Wizernes avant et après modifications 18
Figure 2-11 : Limnigrammes à Wizernes avant et après modifications 19
Figure 2-12 : Hydrogrammes d'apport 21
Figure 3-1 : Topographie utilisée pour la cartographie 23
Figure 3-2 : Schéma de définition de la grille « hydra » 24
Figure 3-3 : Zones inondables au niveau de Blendecques 25
Figure 4-1 : Lignes d'eau maximales de l'AA d'Esquerdes à Wizernes lors de la crue millénale-test de sensibilité 28
Figure 4-2 : Lignes d'eau maximales dans l'AA de Wizernes à Arques lors de la crue millénale-test de sensibilité 29
Figure 4-3 : Lignes d'eau maximales dans l'AA canalisée de Arques jusqu'à la confluence avec le canal de Neufossé lors de la crue millénale-test de sensibilité 30
Figure 4-4 : Lignes d'eau maximales dans le canal de Neufossé de l'Ecluse des Flandres jusque Saint-Momelin lors de la crue millénale test de sensibilité 31
Figure 4-5 : Lignes d'eau maximales dans l'AA canalisée de Saint-Momelin jusque Watten lors de la crue millénale test de sensibilité 32
Figure 4-6 : Incertitude sur l'emprise de la zone inondable 34

Tableau 2-1 : Cotes maximales pour les crues de décembre 2006 et novembre 2009 18
Tableau 2-2 : Coefficients de Strickler du modèle 18
Tableau 4-1 : Résultats des tests d'incertitude sur les débits 26

1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

La directive européenne du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, a été transposée en droit français par l'article 221 de la LENE (Loi portant Engagement National pour l'Environnement) du 12 juillet 2010 et par le décret n°2011 -227 du 2 mars 2011, qui modifient le code de l'environnement.

En application de ce décret, la mise en œuvre comporte les 4 phases suivantes :

1) Évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI),
2) Identification des territoires à risque important d'inondation (TRI),
3) Élaboration des cartes des surfaces inondables et des cartes des risques d'inondation dans les TRI pour trois probabilités de dépassement,
4) Élaboration des plans de gestion des risques d'inondation (PGRI).

Le présent marché concerne l'étape 3 de réalisation des cartes des zones inondables représentant l'aléa pour le scénario extrême uniquement (période de retour de l'événement supérieur à 1000 ans) pour trois TRI selon les spécifications et hypothèses définies dans le CCTP. Seul le débordement des cours d'eau est à prendre en compte.

Les trois TRI définis dans le Nord – Pas-de-Calais et faisant l'objet de la présente étude sont :

- Le TRI de Maubeuge (Sambre et Solre),
- Le TRI de Saint-Omer (Aa et Marais Audomarois),
- Le TRI de Béthune/Armentières (Lys).

La phase 5 a pour objectif de réaliser la cartographie des zones inondables pour l'événement extrême (période de retour retenue : 1000 ans). Le présent rapport concerne la cartographie du TRI de Saint-Omer.

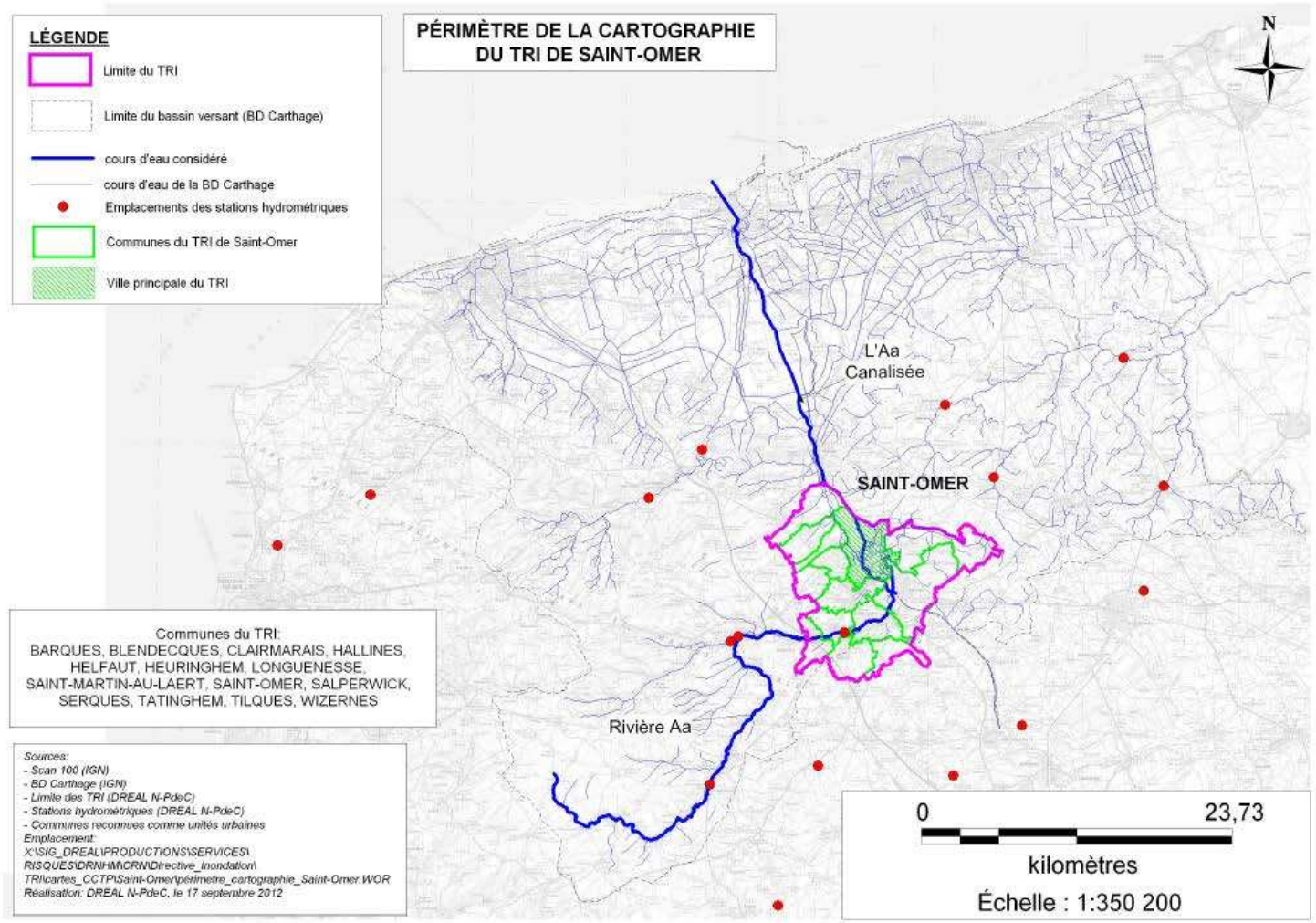


Figure 1-1 : Emprise du secteur d'étude

2 MODÉLISATION

2.1 RAPPEL SUR LE MODÈLE HYDRAULIQUE EXISTANT

Dans le cadre de l'« Etude hydraulique de caractérisation de l'aléa inondation par les eaux continentales dans le secteur des Wateringues » réalisée pour la DREAL Nord Pas-de-Calais, un modèle hydrologique et hydraulique représentant l'ensemble du territoire des Wateringues à l'aval de Watten a été réalisé sous Hydrariv. Ce modèle est décomposé en quatre sous-modèles dont le sous-modèle Saint-Omer délimité à l'amont par la station hydrométrique de Wizernes sur l'Aa et l'Ecluse des Fontinettes, et à l'aval par Watten.

Ce modèle a pour principal objectif de propager l'hydrogramme de crue de l'Aa depuis Wizernes jusqu'au partiteur de Watten en tenant compte du rôle tampon du marais Audomarois. Une modélisation mixte filaire casiers a été réalisée :

- La modélisation filaire permet de représenter les principaux chenaux d'écoulement. La géométrie de ces ouvrages a été décrite à l'aide de profils en travers levés par un géomètre. Cette modélisation intègre les pertes de charge provoquées par les principaux ouvrages singuliers (écluses, siphons, vannages, ponts et aqueducs).
- La modélisation à casiers est utilisée pour représenter la zone des écoulements du marais Audomarois. La géométrie du marais a été décrite à partir du MNT fourni par la DREAL Nord Pas-de-Calais. Cette modélisation intègre les différentes liaisons hydrauliques possibles entre les casiers et les canaux (de type surverse, orifice, strickler…), de manière à bien reproduire la dynamique de remplissage et de vidange du marais.

Les ouvrages linéaires pris en compte dans ce modèle sont les suivants :

- **la rivière Aa** : de Wizernes à la confluence avec l'Aa canalisée (à Arques) ; longueur = 6.42 km
- **le canal de Neufossé** et sa dérivation à la traversée de Saint Omer : de l'écluse des Fontinettes au lieu dit Saint Momelin ; longueur = 10.93 km
- **la Haute Meldyck** : de Blendecques jusqu'à l'écluse de Saint Bertin ; longueur = 4.08 km
- **l'Aa canalisée** : de la défluence du canal de Neufossé (à Arques) jusqu'à Saint Omer ; longueur = 10.98 km
- **la Houle** (un affluent de l'Aa) : du lieu dit la Houlle à la confluence avec le canal de l'Aa ; longueur = 4.09 km
- **l'Aa canalisée au grand gabarit** : de Saint Omer au défluent de Watten, le tronçon amont de ce bief (de Saint Omer au lieu dit Saint Momelin) est compris dans le bief de la dérivation du canal de Neufossé ; longueur = 5.7 km

Voici une vue du modèle de Saint-Omer sous Hydrariv tel qu'il a été créé dans le cadre de l'« Etude hydraulique de caractérisation de l'aléa inondation par les eaux continentales dans le secteur des Wateringues ».

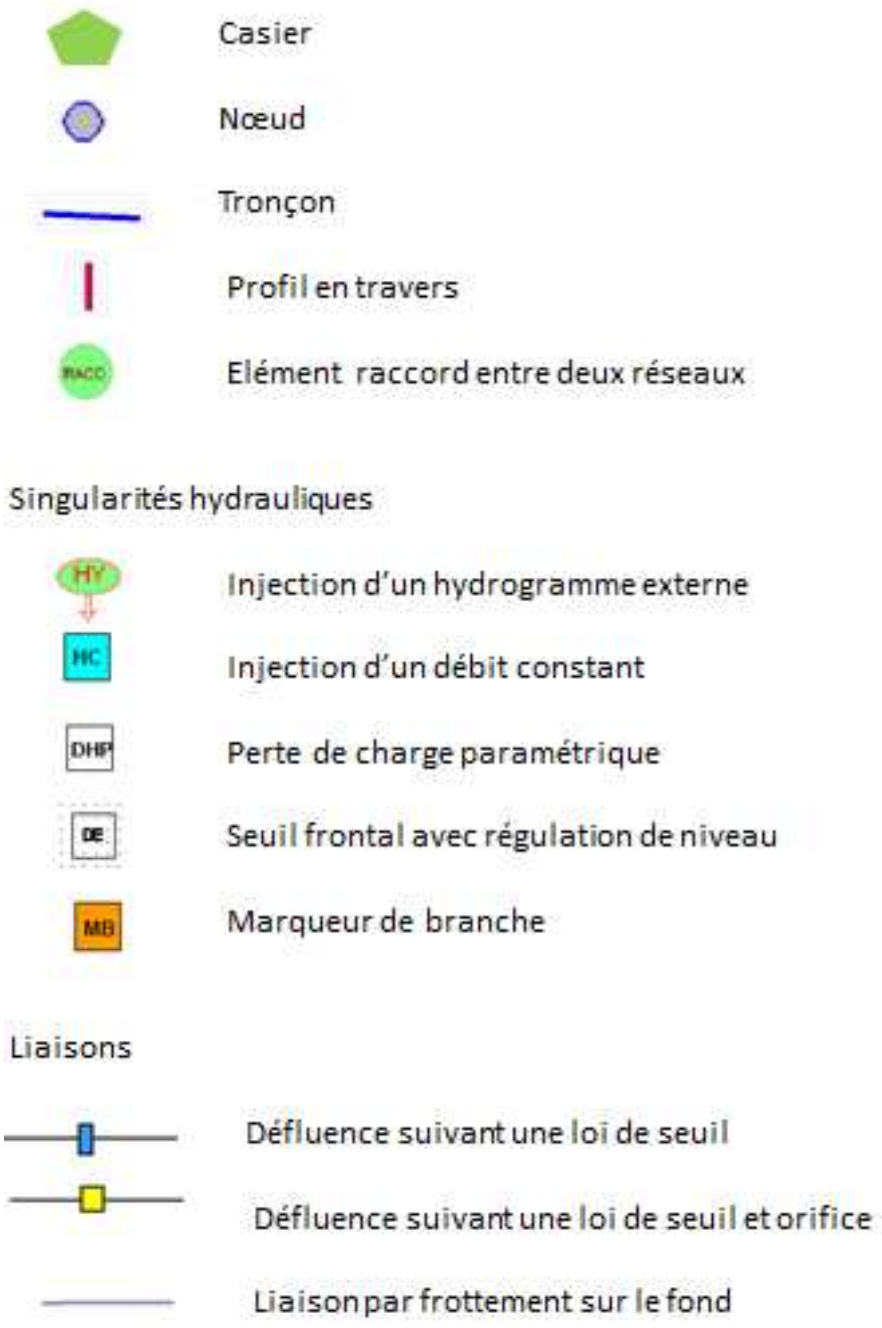


Figure 2-1 : Légende des symboles utilisés sous Hydrariv

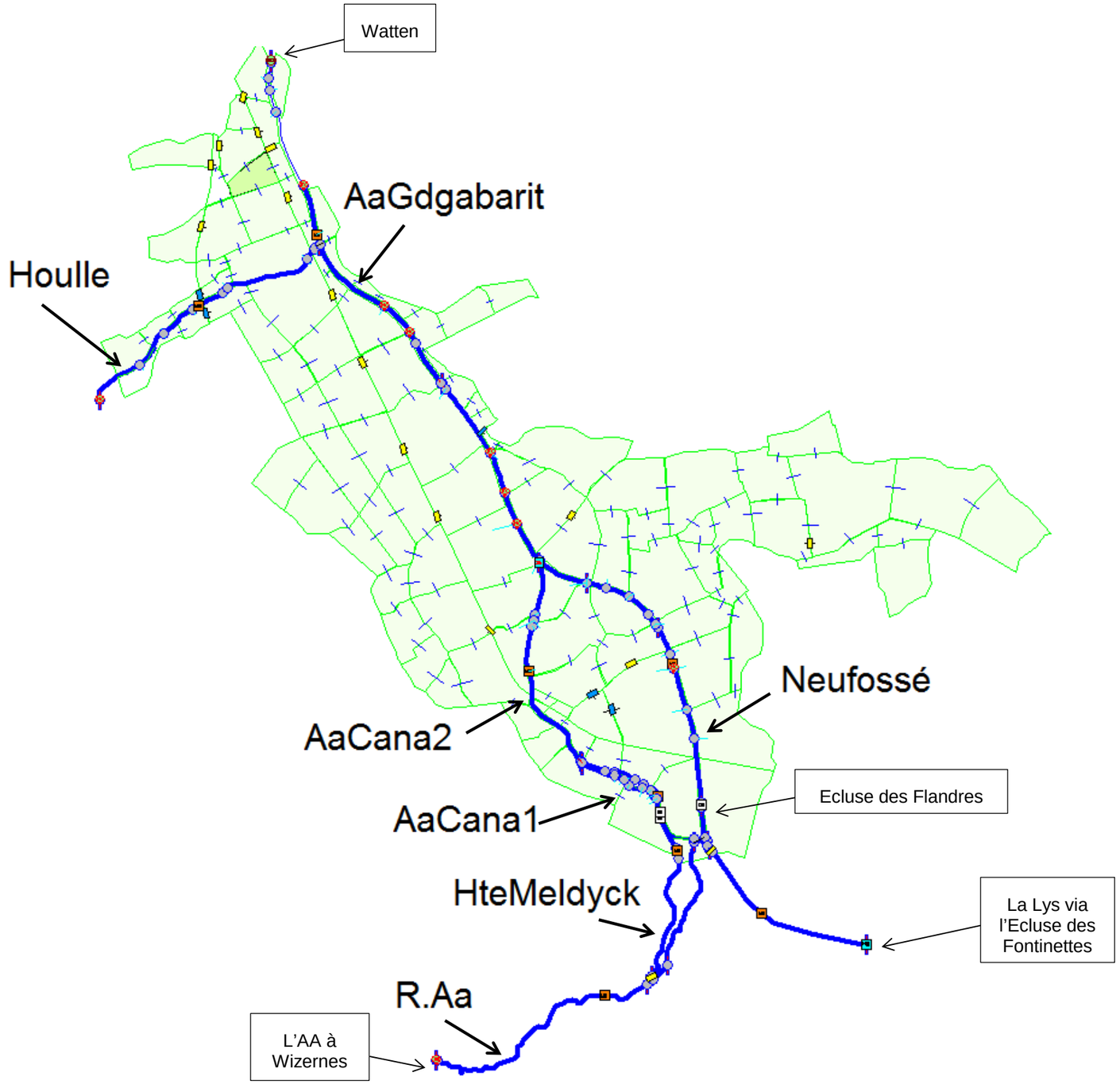


Figure 2-2 : Vue du modèle de Saint-Omer sous Hydrariv

2.2 ADAPTATION DU MODÈLE HYDRAULIQUE

Dans l'étude précédente, le modèle commençait à Wizernes et jusqu'à la confluence avec le canal en provenance de la Lys, il n'y avait pas de cartographie du lit majeur.

Cette partie du modèle avait pour fonction de propager l'onde de crue (modèle filaire) jusqu'à l'entrée du marais, objet de cette étude.

C'est pourquoi, il était nécessaire de modifier le modèle dans cette partie peu détaillée précédemment.

Dans un premier temps, le modèle hydraulique existant a donc été prolongé d'environ 4km à l'amont de Wizernes jusqu' Esquerdes afin de recouvrir la totalité du secteur d'étude. On a utilisé pour cela, le LIDAR de 2013[1], fourni par la DREAL Nord Pas-de-Calais, ainsi que des profils en travers entre Esquerdes et Wizernes fournis par le SMAGEAa.

Dans un deuxième temps, le modèle a été modifié afin de pouvoir contenir un événement extrême (période de retour de 1000 ans).

Effectivement le calcul de la ligne d'eau millénale de l'étude précédente effectué sur la base de campagnes topographiques ponctuelles (levés de profils en travers et des principaux ouvrages dans le secteur des wateringues) une fois reporté sur le fond topographique détaillé du LIDAR[1], montrait que les débordements concernait une plaine plus large.

Pour tenir compte de cette information matricielle en altitude, des casiers ont été ajoutés en rive droite à l'amont de Wizernes et au niveau de Blendecques.

Leur contour a été dessiné à partir de ce MNT[1].

Les lois de remplissage ont été définies sous Hydramap (Logiciel Hydratec) à partir des données LIDAR. Puis le contour des casiers ainsi que les lois de remplissage ont été importés sous Hydrariv.

Certains profils en travers en amont du marais Audomarois ont également été prolongés pour contenir une crue de période de retour égale à 1000 ans. Les sections ont été redéfinies sous Hydramap à partir des données LIDAR puis importées sous Hydrariv.

Les graphiques de la page suivante, expliquent le travail effectué : la première figure montre un profil de terrain insuffisant, et la deuxième figure montre le complément apporté.

[1] On se reportera utilement au paragraphe 3.1 ci-après pour le détail du traitement de la donnée topographique.

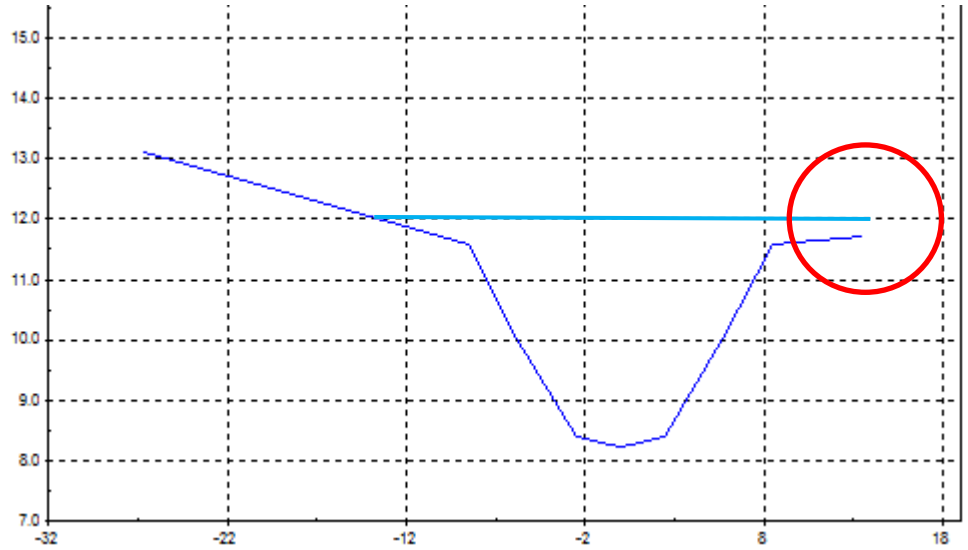


Figure 2-3 : Profil en travers initial avec le niveau d'une crue exceptionnelle

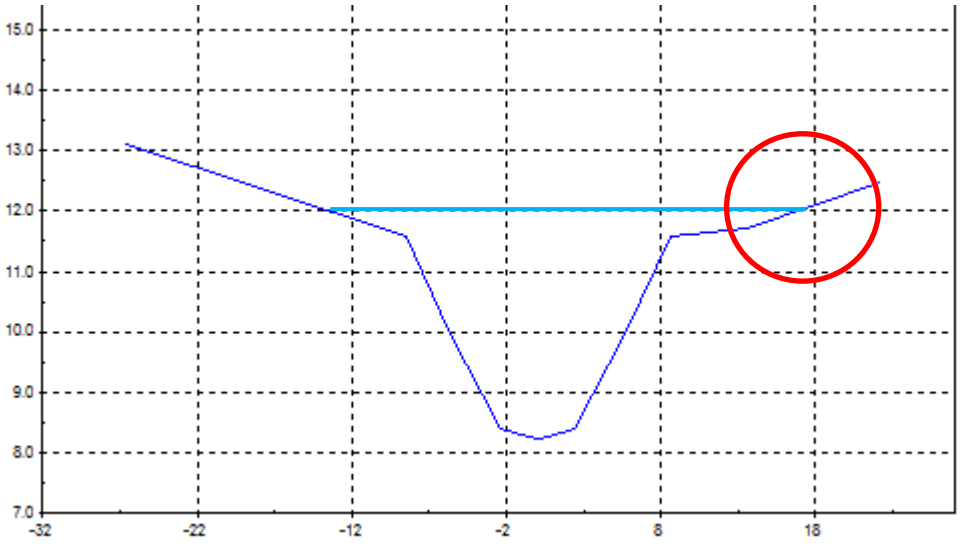


Figure 2-4 : Profil en travers final avec le niveau d'eau d'une crue exceptionnelle

Des pertes de charges ont été ajoutées sur le modèle en amont de Arques pour prendre en compte les principaux ouvrages hydrauliques présents sur cette zone (moulins, seuils…). Les caractéristiques de ces ouvrages ont été fournies par le SMAGEAa

Ces ouvrages sont localisés sur la figure page suivante.

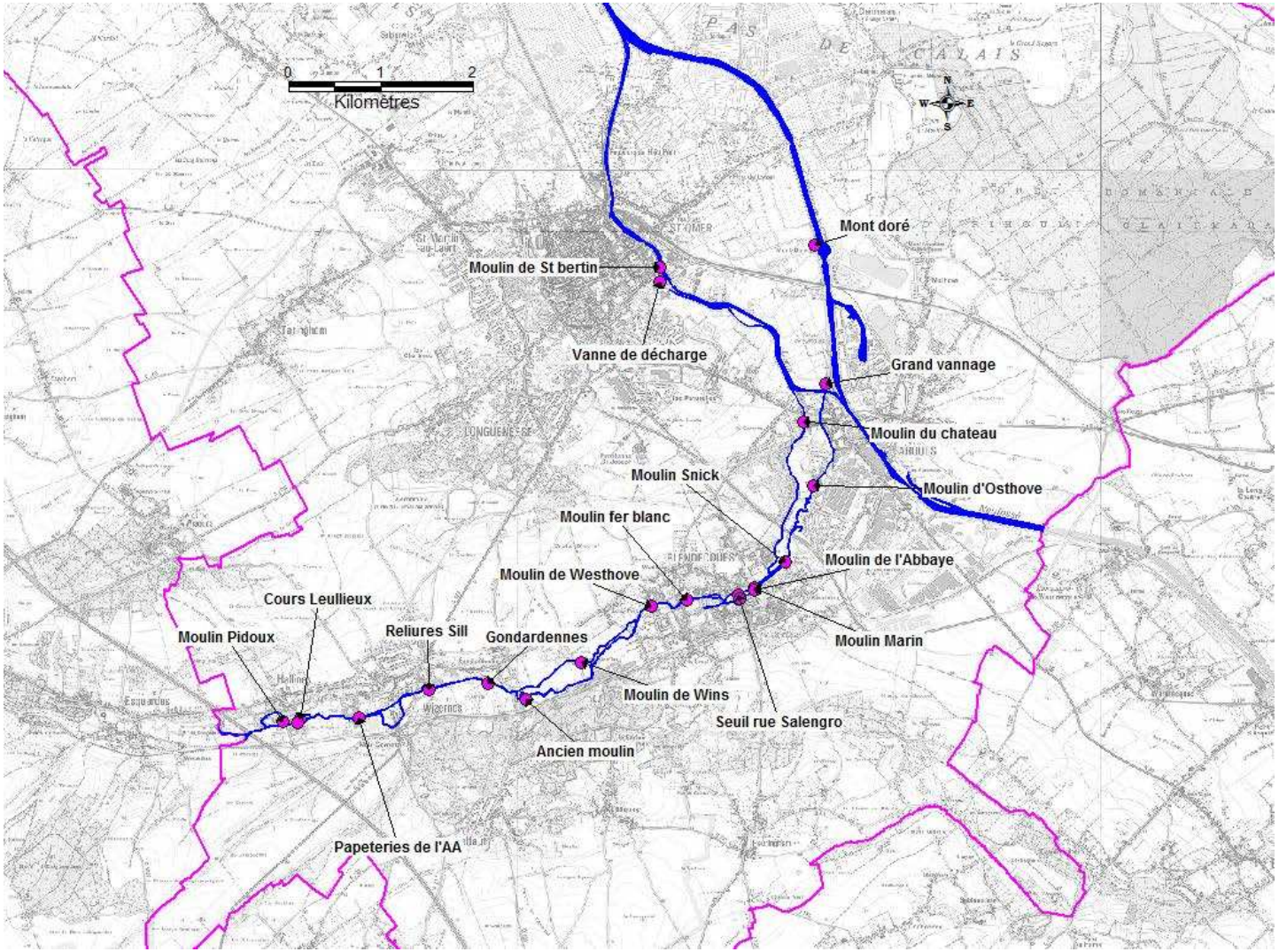


Figure 2-5 : Localisation des ouvrages

Sur le périmètre du TRI de Saint-Omer, plusieurs digues sont présentes. A priori aucune de ces digues ne peut résister à un événement millénal, c'est pourquoi elles n'ont pas été prises en compte dans le modèle hydraulique.

Des PL1D, nécessaires au post-traitement cartographique, ont été ajoutés sur la partie filaire du modèle à l'amont du marais Audomarois. Il s'agit de polylignes à quatre sommets définissant la largeur du lit majeur et du lit mineur. Ils n'interfèrent pas avec les calculs hydrauliques mais permettent en couplant les résultats de la simulation avec le MNT de la vallée de l'Aa, d'obtenir les zones inondées dans un lit majeur décrit par une branche filaire.

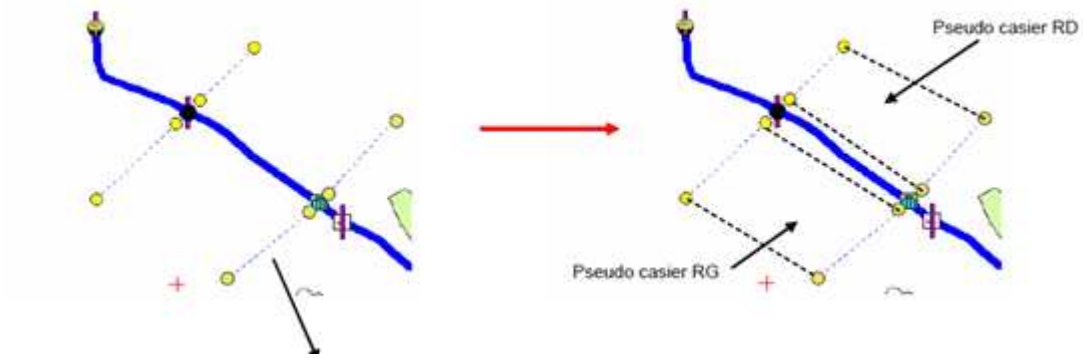


Figure 2-6 : Croquis de définition du PL1D

Sur la figure page suivante, est présentée une vue du nouveau modèle de Saint-Omer sous Hydrariv.

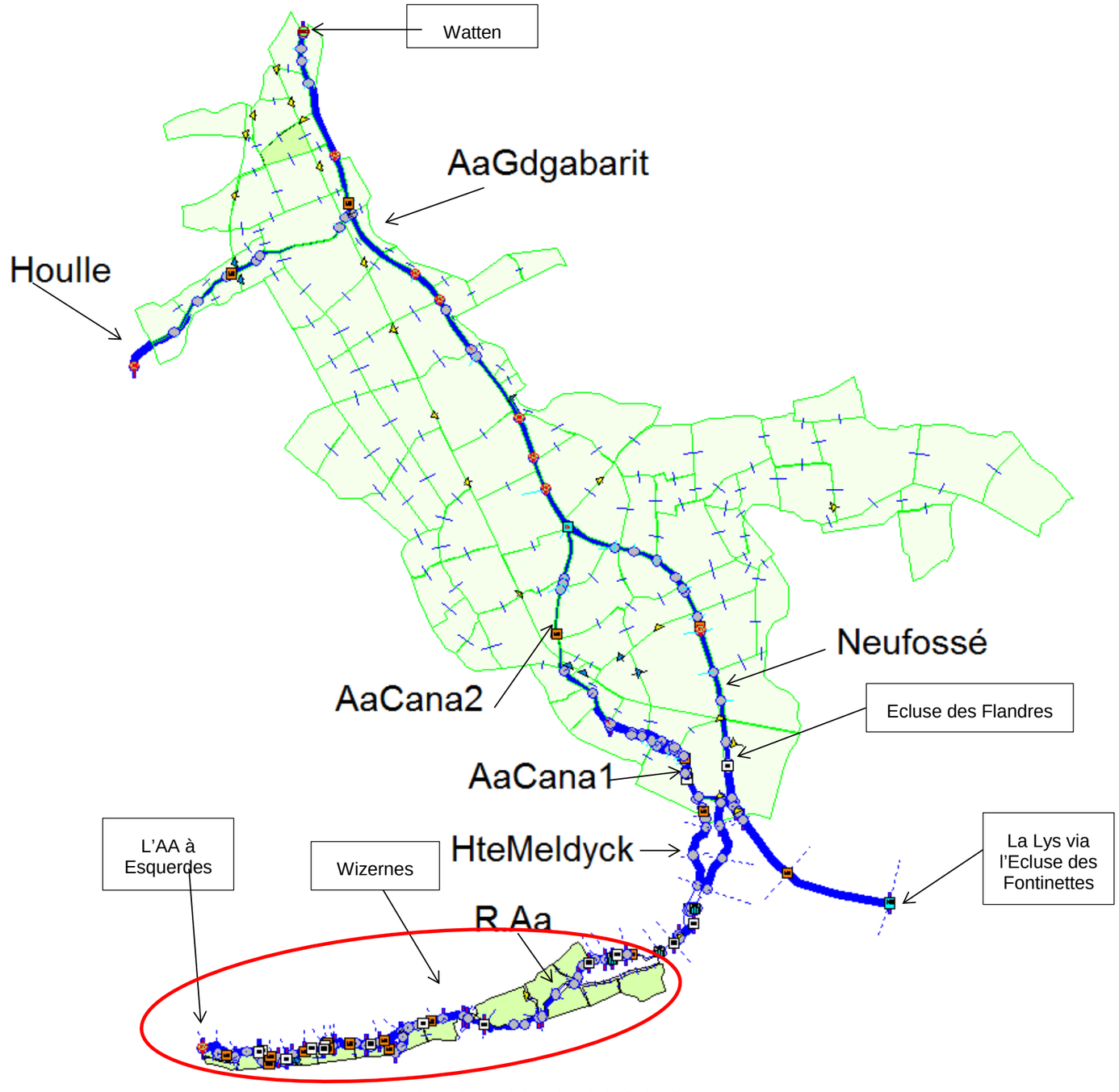


Figure 2-7 : Vue du modèle adapté de Saint-Omer sous Hydrarv

2.3 CALAGE DU MODÈLE

Le modèle avait été calé, lors de la précédente étude de caractérisation de l'aléa inondation dans le secteur des Wateringues, à partir des crues de novembre 2009 (période de retour: 50 ans) et décembre 2006 (période de retour : 10 ans)[2].

A titre d'exemple, sont donnés ci-dessous les limnigrammes en amont de Watten et à l'aval de l'Ecluse des Flandres pour les crues de décembre 2006 et novembre 2009.

Les hauteurs obtenues lors de la simulation sous Hydrariv figurent en bleu et les mesures en rouge.

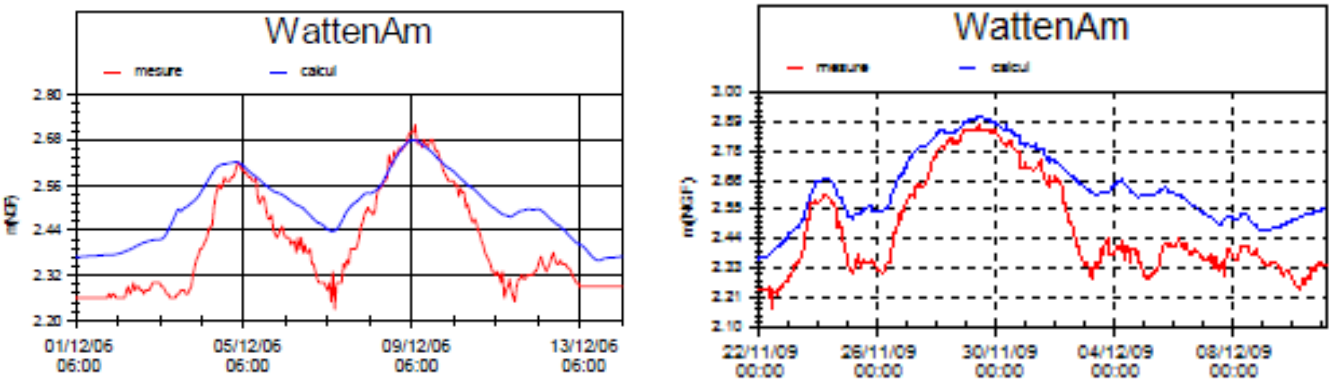


Figure 2-8 : Limnigrammes à Watten en décembre 2006 et novembre 2009

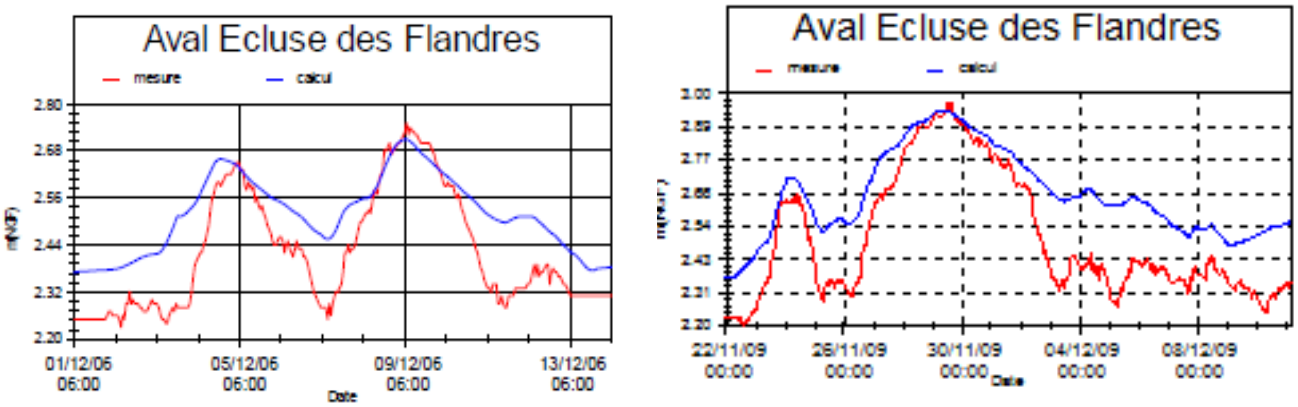


Figure 2-9 : Limnigrammes à l'Écluse des Flandres en décembre 2006 et novembre 2009

Le modèle reproduit bien la mise en eau du marais, et a un peu de difficultés à simuler les vidanges, cependant avec une erreur inférieure à 10 cm sur l'Aa.

[2] Le rapport de l'étape 2.2 de l'étude de caractérisation de l'aléa inondation dans le secteur des Wateringues explique le choix de ce ues de calage

Dans le tableau ci-dessous, sont également précisées les cotes maximales atteintes lors de ces deux crues à l'amont de Watten et à l'aval de l'Ecluse des Flandres.

Crue de décembre 2006			
Station	Z observé (m NGF)	Z calculé (m NGF)	Ecart
Watten amont	2.70	2.68	- 2cm
Ecluse des Flandres	2.70	2.68	- 2cm
Crue de novembre 2009			
Station	Z observé	Z calculé	Ecart
Watten amont	2.86	2.90	+ 4cm
Ecluse des Flandres	2.95	2.95	0

Tableau 2-1 : Cotes maximales pour les crues de décembre 2006 et novembre 2009

Les coefficients de rugosité qui ont été retenus lors du calage sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Rivière	Strickler du lit mineur	Strickler du lit majeur
AA	40	10
AA canalisée	40	5
Houlle	20	5
Haute Meldyck	40	10
Lys	20	8
Neufossé	40	5

Tableau 2-2 : Coefficients de Strickler du modèle

La simulation de l'aléa de période de retour 1000 ans a permis de vérifier que les modifications effectuées ne perturbent pas le comportement hydraulique du modèle.

A titre d'exemple sont-donnés ci-après les hydrogrammes ainsi que les limnigrammes à Wizernes avant modification (en bleu) et après modification (en rouge).

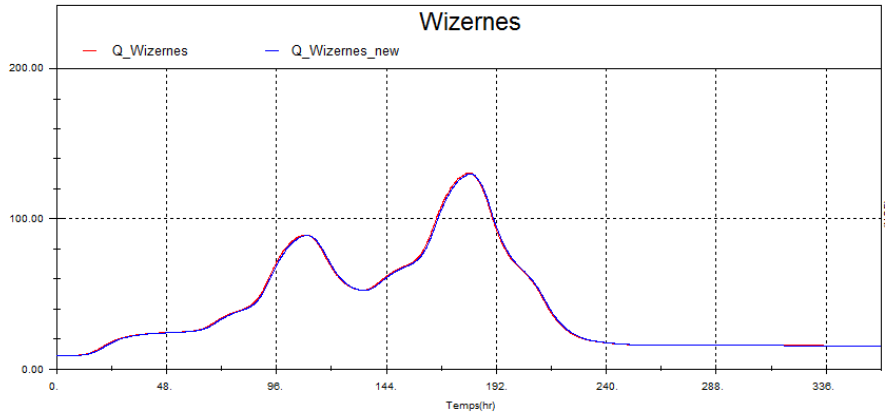


Figure 2-10 : Hydrogrammes à Wizernes avant et après modifications

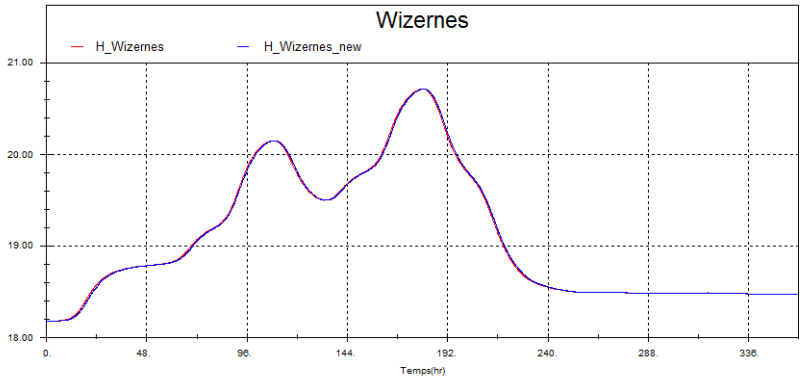


Figure 2-11 : Limnigrammes à Wizernes avant et après modifications

2.4 DÉFINITION DU SCÉNARIO MILLÉNAL

Les apports de la crue millénale ont été calculés à partir d'ajustements statistiques sur la pluie hivernale sur 8 jours et de modèles pluie-débit. Pour plus de détails, on pourra se reporter au rapport d'étape 4 portant sur la détermination des débits pour l'événement extrême. Les apports proviennent de l'Aa ainsi que de ses affluents. Ils sont détaillés sur la figure de la page suivante.

On rappelle que l'on considère que l'apport de la Lys via l'écluse des Fontinettes est fixé à 2 m^3/s. Ces débits sont ensuite injectés dans le modèle hydraulique.

L'aval du modèle de Saint-Omer est conditionné par l'écluse et le partiteur de Watten.

Dans le cadre de cette étude, ces deux entités sont fermées afin d'obtenir les surfaces inondables maximales.

On a également pris en compte un vent de direction constante et égale à 230° (provenant du sud-ouest). Sa vitesse est de 10 m/s avec une pointe à 14 m/s pendant la période de pluie intense.

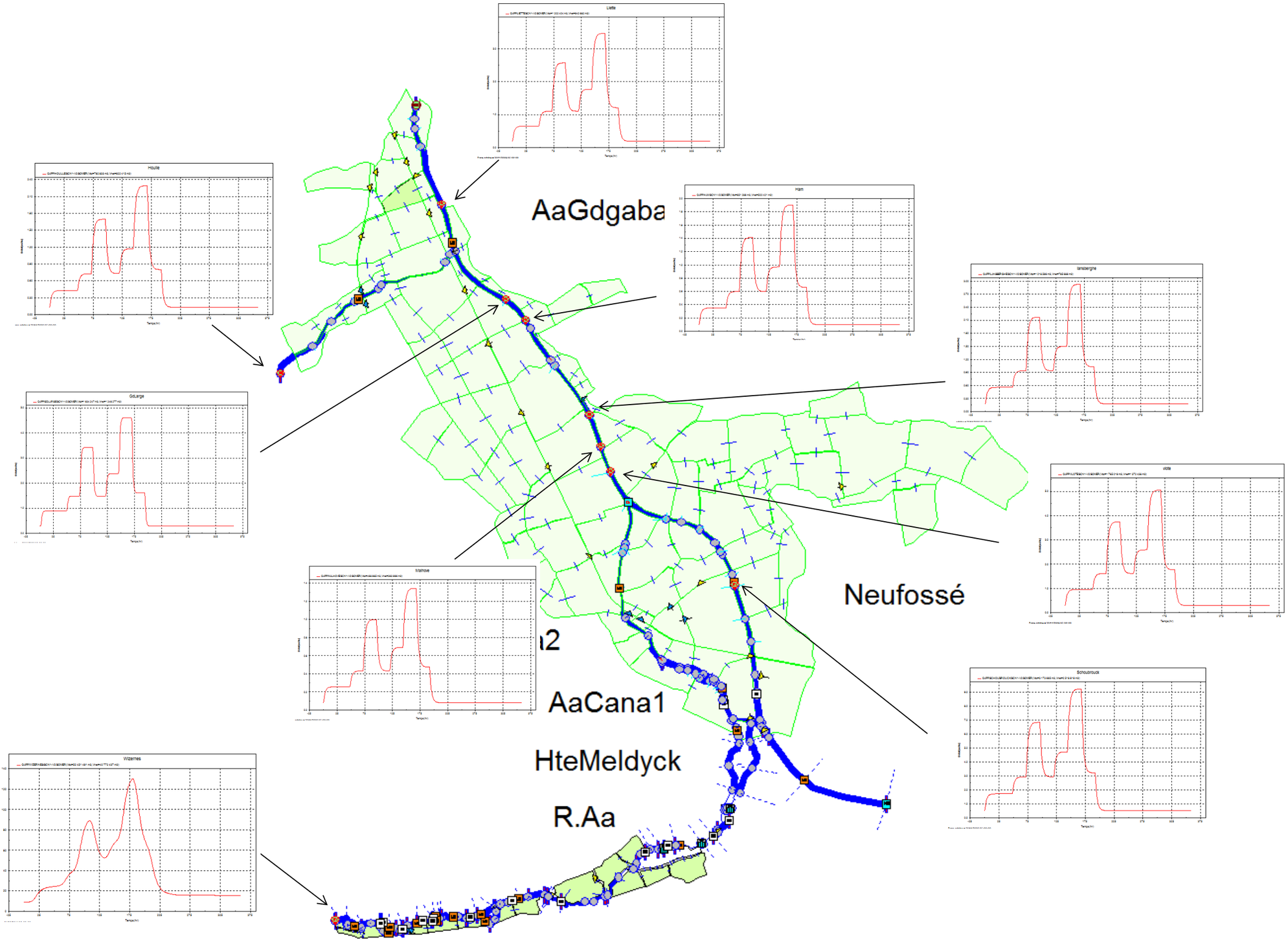


Figure 2-12 : Hydrogrammes d'apport

3 RÉALISATION DE LA CARTOGRAPHIE

3.1 GÉNÉRATION D'UNE BASE TOPOGRAPHIQUE HOMOGÈNE

Les données topographiques utilisées pour la cartographie du TRI de Saint-Omer proviennent de sources différentes :

- LIDAR, datant de 2006, couvrant le nord-est du TRI (densité: 1 point/m^2, précision altimétrique: 20 cm)
- LIDAR, datant de 2013, couvrant le sud-ouest du TRI (densité: 1 point/m^2, précision altimétrique: 20 cm)

Ces LIDAR ne couvrent pas l'ensemble du secteur d'étude mais sont suffisamment étendus pour couvrir l'emprise de la zone inondable.

Ils sont composés de dalles de 1km par 1 1 km.

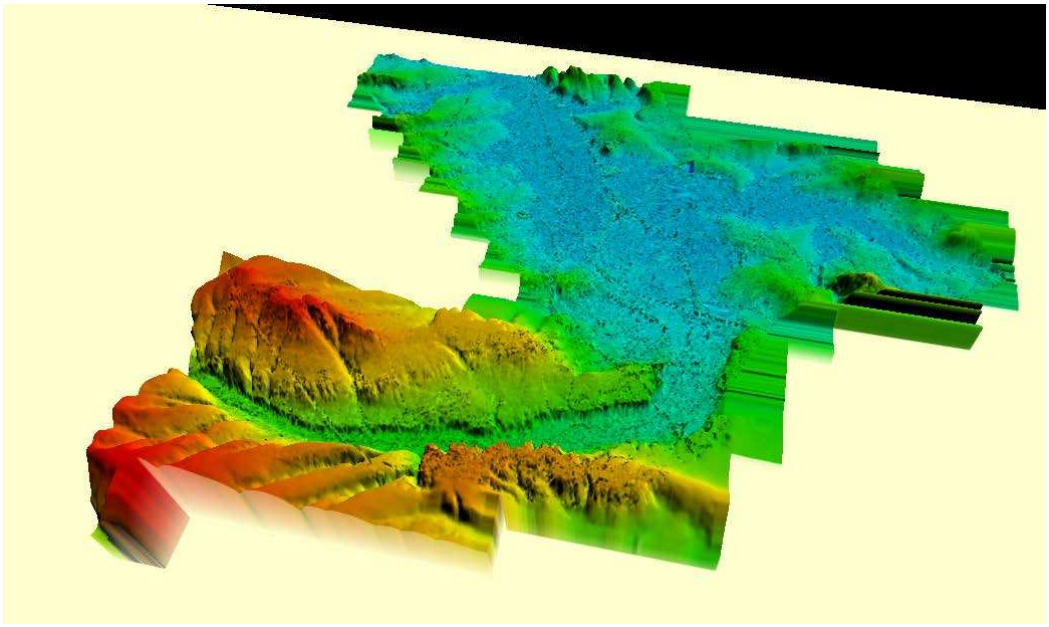


Figure 3-1 : Topographie utilisée pour la cartographie

Le programme Makegrid (développé par Hydratec) génère une base topographique unifiée, formée d'un agencement de ces dalles au format binaire que la Figure 3-2 décrit.

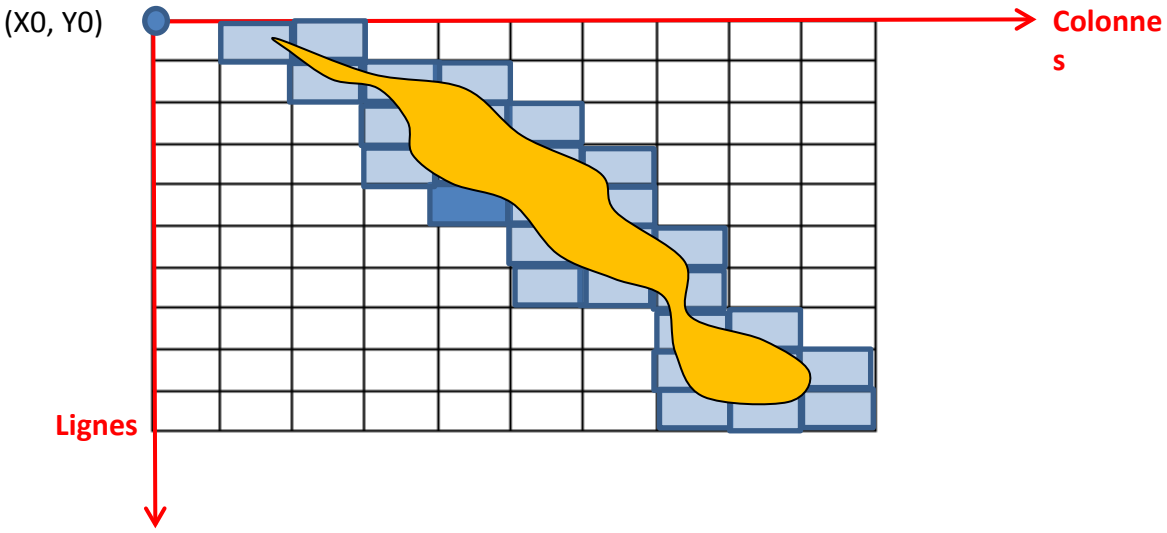


Figure 3-2 : Schéma de définition de la grille « hydra »

Dans le cadre de ce TRI, Makegrid a en entrée les données LIDAR et il génère en sortie des fichiers de grilles altimétriques qui vont permettre de tracer automatiquement le contour des zones inondables.

3.2 TRACÉ DU CONTOUR DES ZONES INONDABLES

Le programme croise les grilles altimétriques générées précédemment avec les cotes d'eau issues de la simulation hydraulique de l'événement extrême sous Hydrariv.

Et il produit des polygones correspondant aux contours des différentes classes de hauteurs d'eau :

- 0 à 0.50 m
- 0.50 à 1 m
- 1 à 2 m
- > 2 m

3.3 RÉSULTATS ET LIMITES

On a réalisé la cartographie d'aléa de débordement de l'AA pour le scénario extrême sur le TRI de Saint-Omer. La mise en page des cartes a été effectuée sous Mapinfo en respectant la sémiologie nationale de la cartographie Directive Inondation. Les cartes sont à l'échelle 1/25 000.

La densité du LIDAR (1 point/m^2) permet d'obtenir des contours des zones inondables précis suivant les lignes de fracture du terrain naturel. Les routes en remblais n'apparaissent pas inondées.

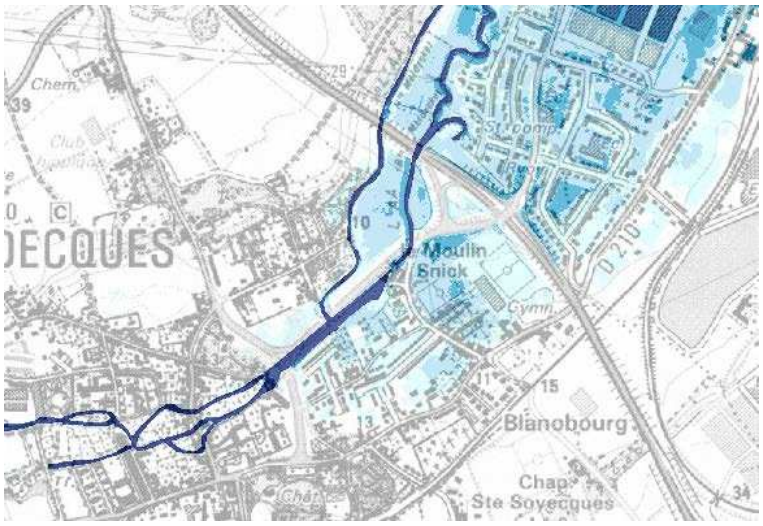


Figure 3-3 : Zones inondables au niveau de Blendecques

Sur la cartographie ne sont représentées que les zones inondées par débordement des cours d'eau. En effet**, le modèle utilisé ne permet pas de simuler les débordements des réseaux d'assainissement ou les débordements par remontée de la nappe**, ce qui peut expliquer les différences constatées avec l'atlas des zones inondables.

4 INCERTITUDES

4.1 INCERTITUDES AU NIVEAU DE LA MODÉLISATION

4.1.1 Incertitudes sur les débits

Des tests d'incertitude sur les débits ont été conduits sur les paramètres:

- Du modèle hydrologique. Ce test a consisté à faire varier la hauteur du couche de sol intermédiaire J, dans une fourchette de +/-20% sur l'ensemble du bassin versant des Wateringues.
- Du modèle hydraulique. Ce test a consisté à faire varier le Strickler K du lit mineur et du lit majeur de l'ensemble des modèles dans une fourchette de +/-15%.
- De la pluie. Ce test a consisté à faire varier la hauteur de la pluie H dans une fourchette de -12% à +16%.

Ces variations des paramètres J, K et H sont considérées comme correspondant à l'intervalle de confiance à 70%.

Les résultats obtenus sur les débits de pointe de l'événement extrême sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tests d'incertitude				
Débit de pointe en m^3/s	Débit de pointe en m3/s		Pourcentage d'écart sur le débit de pointe	
Référence	**Test sur le modèle hydrologique**			
	Modification de +/- 20 % de J			
-	J +20%	J -20%	J +20%	J -20%
130	123	137	-5.4%	+5.4%
Référence	**Test sur le modèle hydraulique**			
	Modification de +/- 15 % du coefficient K lit mineur et majeur			
-	K + 15 %	K – 15 %	K + 15 %	K – 15 %
130	130.1	128.4	+0.5%	-1.2%
Référence	**Test sur la hauteur totale de pluie**			
	Modification de -12% ou +16% de H			
-	H + 16%	H - 12%	H + 16%	H - 12%
130	151	114	+16.2%	-13.3%

Tableau 4-1 : Résultats des tests d'incertitude sur les débits

Au final, en combinant tous les paramètres (modèles hydrologique + hydraulique + pluie), **on obtient une incertitude totale sur le débit de +/- 15%.**

4.1.2 Incertitudes sur les hauteurs

Le test d'incertitude sur les hauteurs pour la crue millénale a été conduit en augmentant les débits d'apports de +15% par rapport à la situation de référence. **Cette augmentation des débits entraine une élévation de la ligne d'eau maximale de +18 cm.**

Les profils en long donnés ci-après mettent en évidence l'impact de l'augmentation de 12% des débits d'apport sur la ligne d'eau (en bleu), par rapport à la situation de référence (en rouge), lors de l'aléa extrême.

AA de Esquerdes à Wizernes :

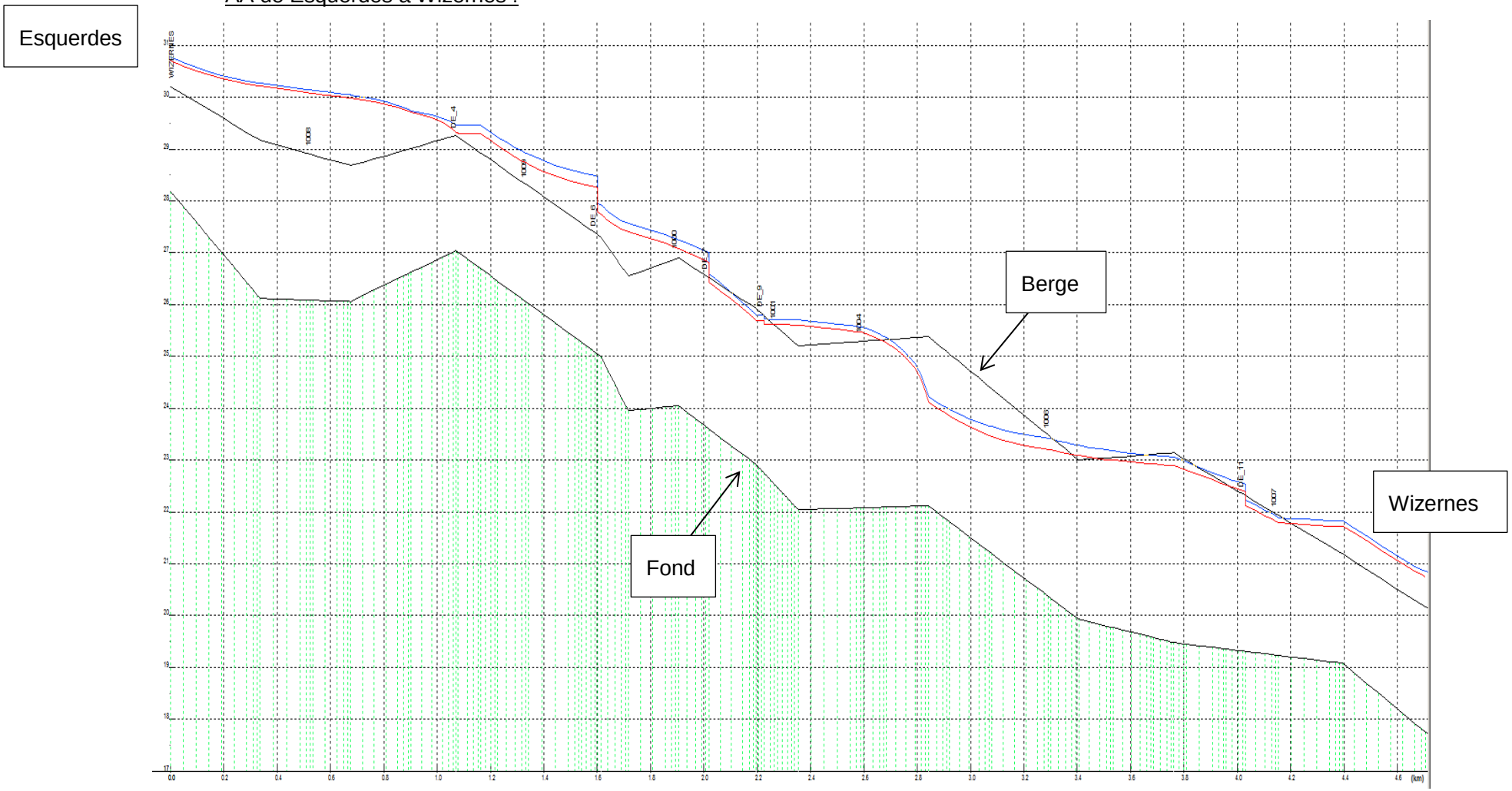


Figure 4-1 : Lignes d'eau maximales de l'AA d'Esquerdes à Wizernes lors de la crue millénale- test de sensibilité

AA de Wizernes à Arques :

Wizernes

Arques

Figure 4-2 : Lignes d'eau maximales dans l'AA de Wizernes à Arques lors de la crue millénale- test de sensibilité

AA canalisée de Arques jusqu'à sa confluence avec le canal de Neufossé :

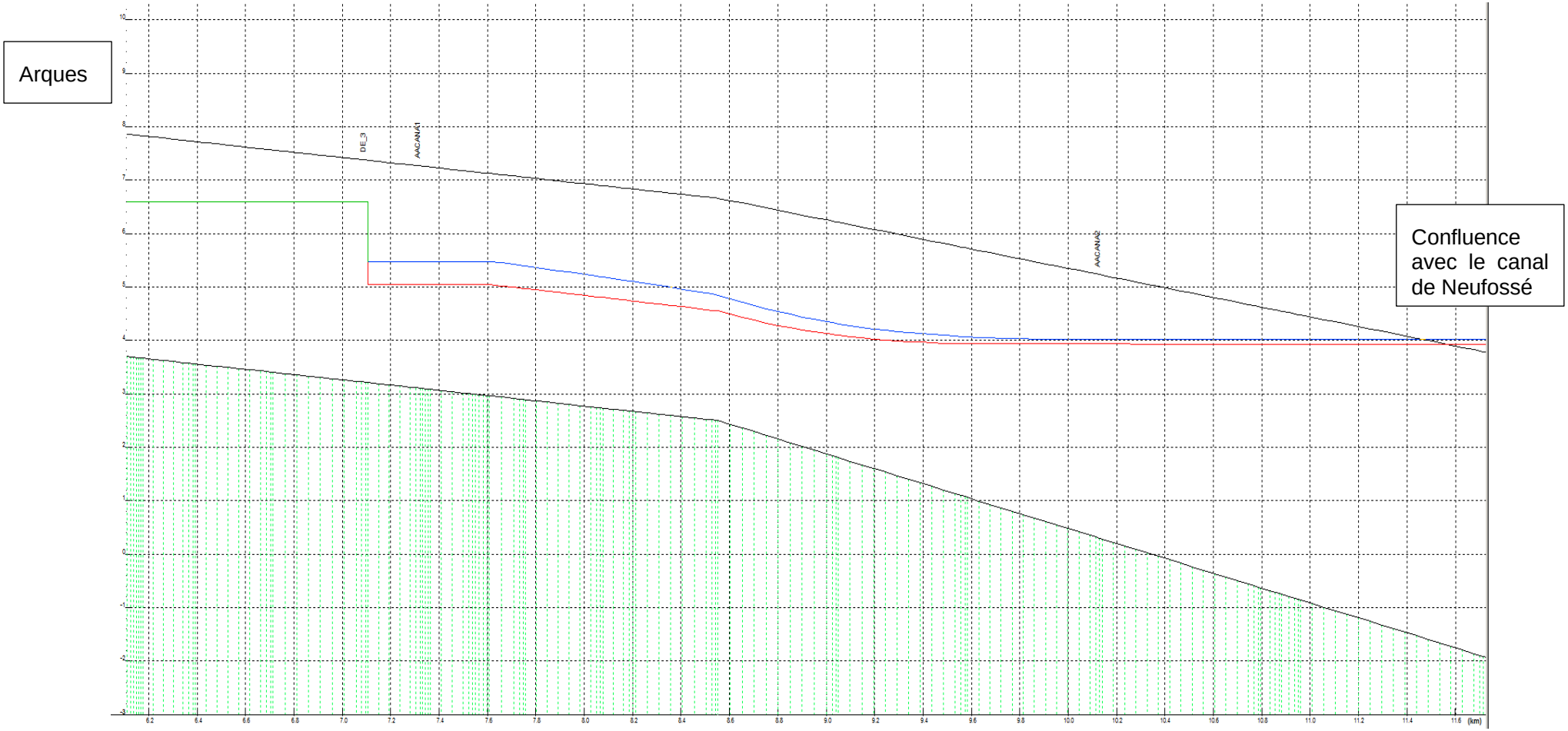


Figure 4-3 : Lignes d'eau maximales dans l'AA canalisée de Arques jusqu'à la confluence avec le canal de Neufossé lors de la crue millénale-test de sensibilité

Canal de Neufossé de l'Ecluse des Flandres jusqu'à Saint-Momelin :

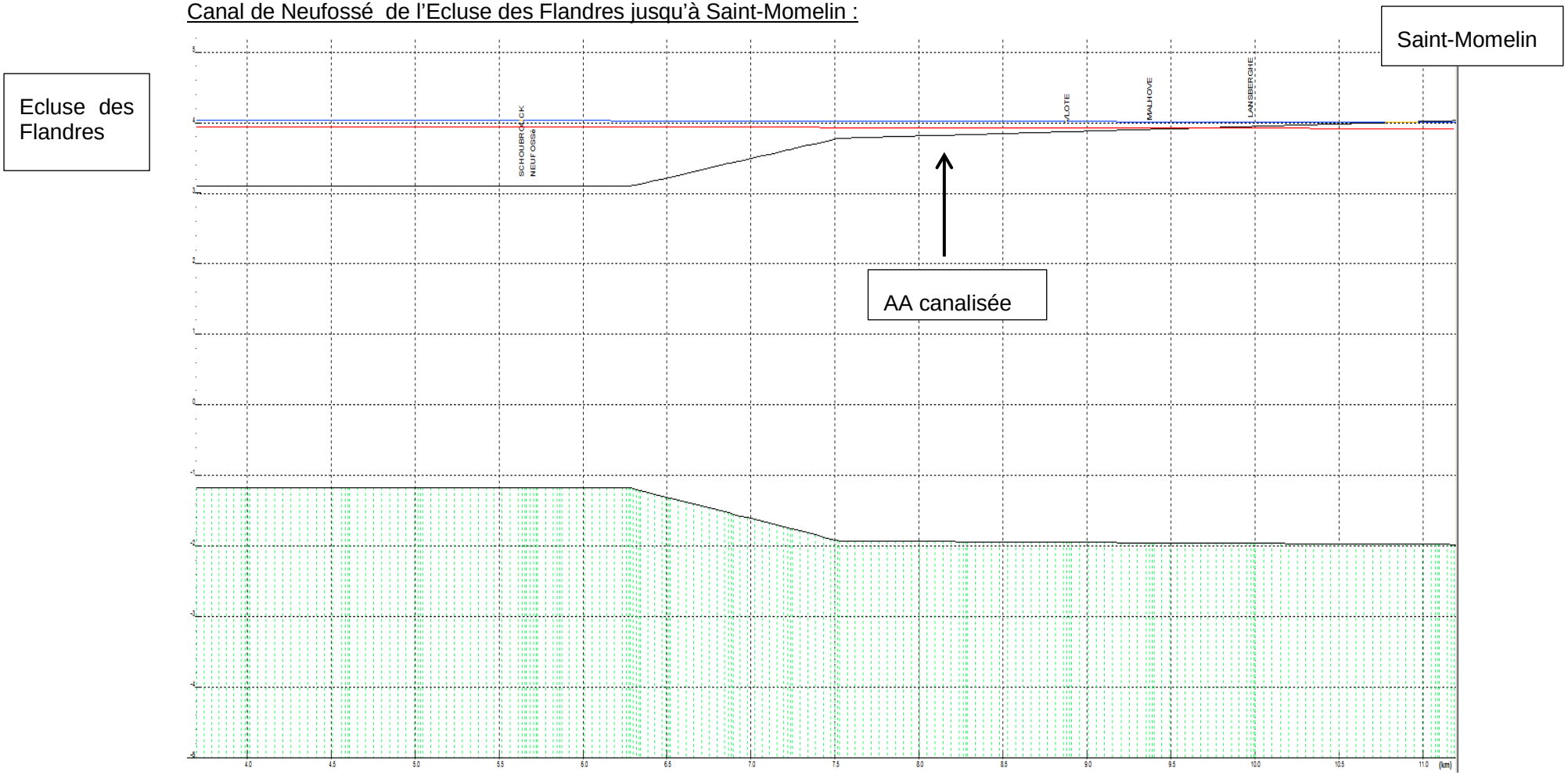


Figure 4-4 : Lignes d'eau maximales dans le canal de Neufossé de l'Ecluse des Flandres jusque Saint-Momelin lors de la crue millénale test de sensibilité

AA canalisée au grand gabarit de Saint Momelin jusque Watten :

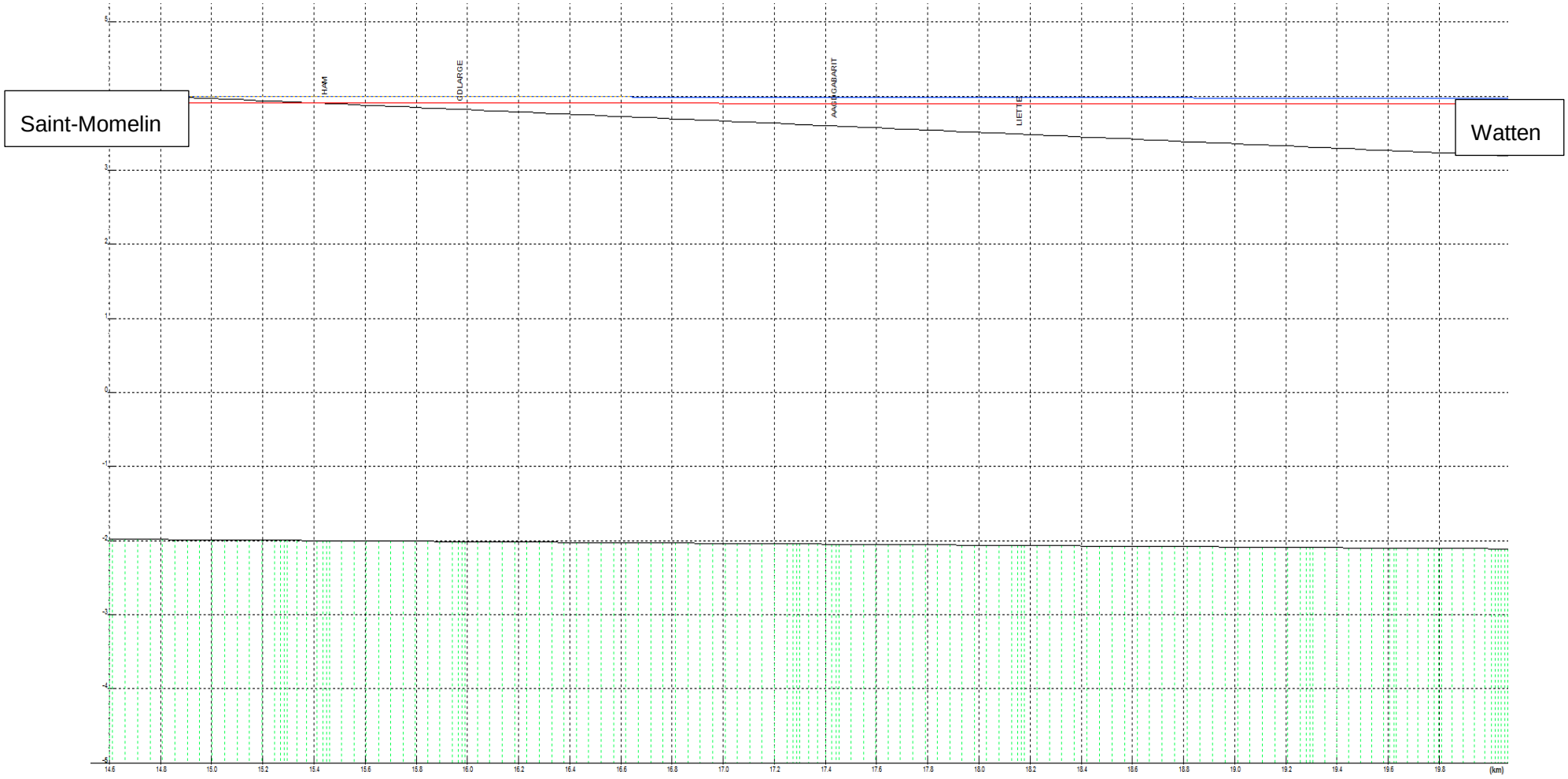


Figure 4-5 : Lignes d'eau maximales dans l'AA canalisée de Saint-Momelin jusque Watten lors de la crue millénale test de sensibilité

4.1.3 Conséquences sur l'emprise de la zone inondable

La carte ci-après met en évidence l'impact des incertitudes existantes au niveau de la modélisation sur l'emprise de la zone inondable. L'emprise de la zone inondable obtenue avec les débits de référence est représentée en rouge et celle obtenue en augmentant les apports de 15% est représentée en bleu.

Une augmentation de +15% des apports entraine un très faible élargissement de la zone inondable sur quelques secteurs. La majorité de la zone d'étude est soumise à des effets de seuils**. Les incertitudes existantes au niveau de la modélisation n'ont pas d'influence notable sur l'emprise de la zone inondable.**

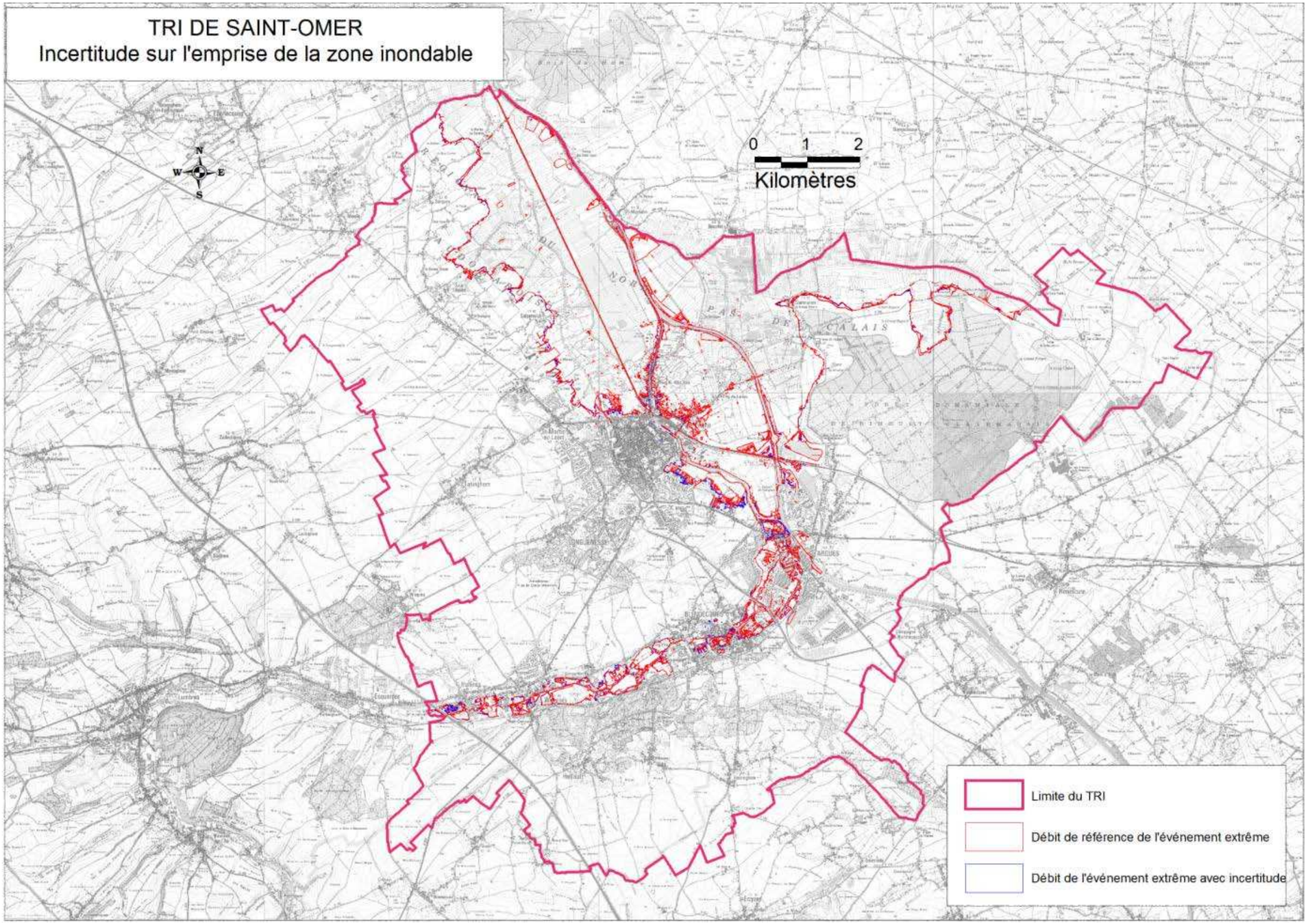


Figure 4-6 : Incertitude sur l'emprise de la zone inondable

4.2 INCERTITUDES AU NIVEAU DE LA CARTOGRAPHIE

La cartographie en elle-même ajoute encore un nouveau degré d'incertitude dans les résultats. En effet, une fois les cotes d'eau d'inondation calculées, celles-ci sont retranscrites sur les cartes par croisement avec un MNT qui interpole entre les cotes relevées.

Cependant cette incertitude reste minime dans la mesure où les LIDAR ont une densité de points très importante (1 point/m^2).

L'épaisseur du trait représente également une incertitude puisqu'un trait de 1 mm sur la carte à l'échelle 1/25 000 représente 25 m de large.

5 CARTE DES ZONES INONDABLES PAR LA CRUE EXTRÊME

Page suivante, la carte des zones inondables est produite au format A3.

Les couches élaborées sont les suivantes :

- « hauteurs_inondation_sans_lit_mineur » comprenant 4 champs :
    - Indice valeur entière correspondant à une gamme de hauteurs d'eau
        - **1** de 0 à 0.5 m
        - **2** de 0.5 m à 1 m
        - **3** de 1 m à 2 m
        - **4** > à 2 m
    - « No_polygone » valeur d'ordre de création du polygone par l'outil de calcul
    - « Hmin » en mètre
    - « Hmax » en mètre

Cette carte appelle les commentaires suivants :

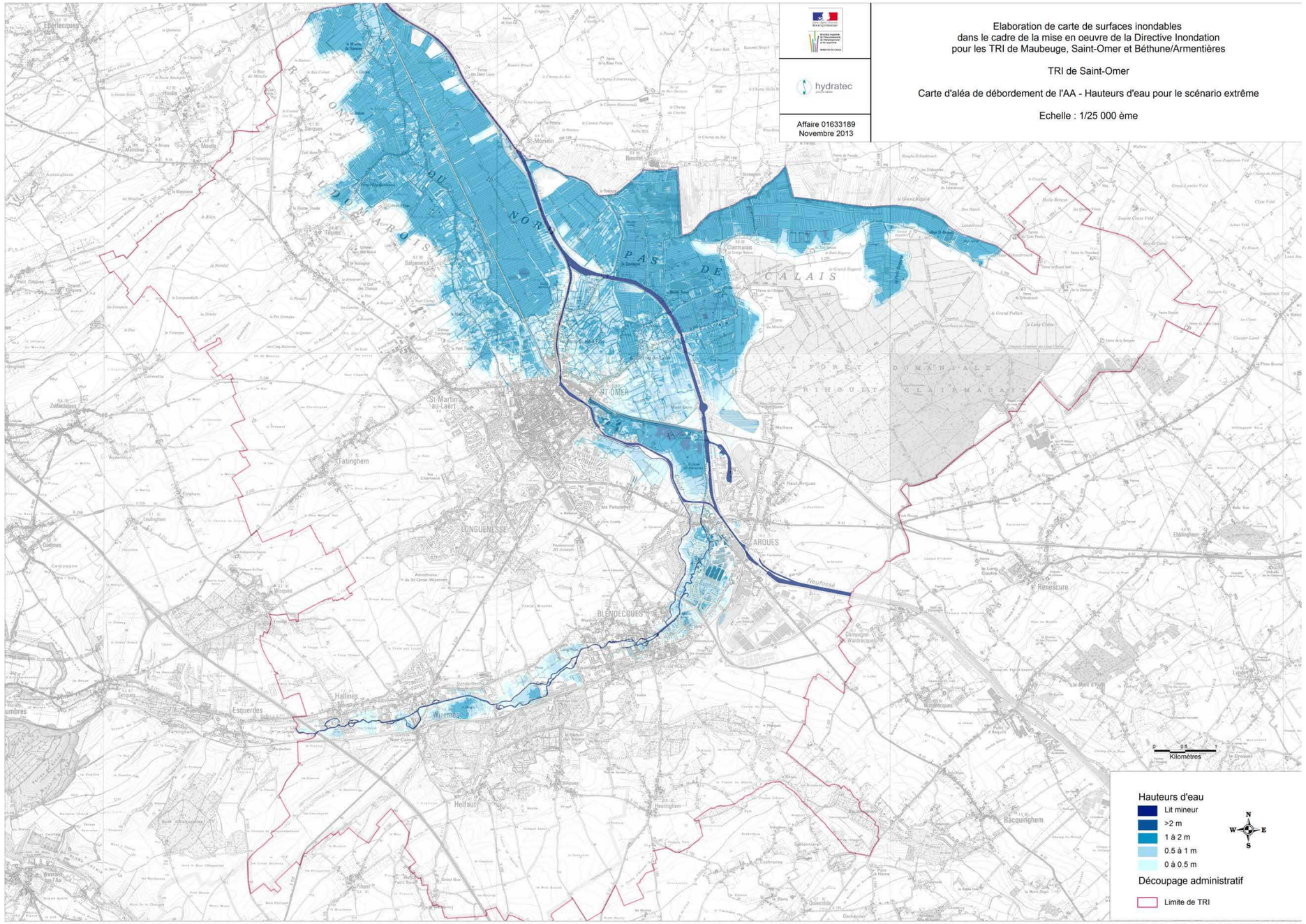
- la morphologie du fond de vallée entre Hallines et Blendecques relativement étroite, cloisonnée par les biefs de moulins, et les multiples bras, occasionne des inondations relativement peu étendues, au point bas de la vallée, avec des difficultés de ressuyage inhérentes à la perturbation anthropique du réseau hydrographique.
- Les hauteurs d'eau sont souvent inférieures à 1 m, à l'exception des quelques zones basses sans exutoire, en rive droite de l'Aa à Gondardennes, entre les deux bras amont du moulin de Wins (commune de Wizernes).
- le secteur du marais Audomarois, monte un fonctionnement moins perturbé, les nombreux fossés sont autant de vecteurs de mise en eau du lit majeur exceptionnel (LME). La gamme des hauteurs d'eau s'établit entre 1 et 2 m.
- La présence des canaux, perchés au-dessus de la vallée occasionne une coupure moins perturbante que celle provoquée par la voie SNCF en amont de Saint-Omer.
- Cela est dû à la présence des quelques passages en siphon du réseau hydrographique secondaire sous les canaux.

Elaboration de carte de surfaces inondables
dans le cadre de la mise en oeuvre de la Directive Inondation
pour les TRI de Maubeuge, Saint-Omer et Béthune/Armentières

TRI de Saint-Omer

Carte d'aléa de débordement de l'AA - Hauteurs d'eau pour le scénario extrême

Echelle : 1/25 000 ème

hydratec

Affaire 01633189
Novembre 2013