



DREAL NORD-PAS-DE-CALAIS

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

ELABORATION DE CARTE DE SURFACES
INONDABLES (MISE EN ŒUVRE DE LA
PHASE CARTOGRAPHIQUE DE LA
DIRECTIVE INONDATION) -EVENEMENT
EXTREME-
TRI DE BETHUNE/ARMENTIERES

Etape 4 :

Modélisation et cartographie des zones
inondables

HFG31222K

Janvier 2014



- Études générales
- Assistance au Maître d'Ouvrage
- Maîtrise d'œuvre conception
- Maîtrise d'œuvre travaux
- Formation

Siège social
78, allée John Napier
CS 89017
34965 - Montpellier Cedex 2

Tél. : 04 67 99 22 00
Fax : 04 67 65 03 18
montpellier.egis-eau@egis.fr
<http://www.egis-eau.fr>



FICHE D'IDENTIFICATION DU DOCUMENT

Rapport

Titre : Elaboration de carte de surfaces inondables (mise en œuvre de la phase cartographique de la Directive Inondation) - événement extrême – TRI de Béthune/Armentières

Modélisation et cartographie des zones inondables

Numéro d'affaire : HFG 31222 K

Client

Coordonnées : DREAL Nord-Pas-de-Calais
44 Rue de Tournai
59 000 Lille

Téléphone : 03 20 40 54 54

Interlocuteur :

BERTAUX-VALERE Marie-Alexandrine (Chef de cellule) - DREAL Nord-PdC/SR/DRNHM/CPRN
BELLYNCK Geraldine.Bellynck

Contrôle qualité

Rédigé par

L.CHIARELLA

Vérifié par

C.BECKER

Statut du rapport : A valider

Date d'émission : Janvier 2014

Diffusion :

Sommaire

Chapitre 1	Rappel des Objectifs de l'étude et présentation du TRI Béthune-Armentières	8
1.1	Les objectifs de l'étude	8
1.1.1	Contexte de l'étude.....	8
1.1.2	Phasage et déroulement de l'étude.....	8
1.2	Le secteur du TRI Béthune-Armentières	10
Chapitre 2	Conception et structures des modèles hydrauliques – Etudes antérieures	12
2.1	Construction des modèles hydrauliques	12
2.1.1	Historique des modèles	12
2.1.2	Sous bassins versants, modèles et cours d'eau	13
2.1.3	Implémentation et/ou modification des modèles	16
2.1.4	Augmentation du linéaire modélisé pour l'étude d'inondabilité	17
2.2	Les fiches techniques des modèles – étude d'inondabilité	18
Chapitre 3	Modifications apportées aux modèles dans le cadre du TRI pour la simulation de l'évènement extrême.....	42
3.1	Caractéristiques de la pluie utilisée pour la génération des zones inondables – Pluie de projet extrême	42
3.1.1	Pluie de projet extrême.....	42
3.1.2	Les apports de nappe	44
3.2	Simulations de l'évènement extrême sur InfoWorks Cs et Rs.....	45
3.2.1	Simulations individuelles des modèles hydrauliques des affluents de la Lys	45
3.2.2	Les interactions entre les modèles hydrauliques	45
3.3	Vérification de la capacité hydraulique des casiers hydrauliques.....	51
3.4	Résultats des simulations hydrauliques : génération des débits extrêmes	52

Chapitre 4 Représentation de l'aléa inondation sur le TRI Béthune-Armentières55

4.1	Méthode de l'Inondabilité sur InfoWorks CS ou RS	55
4.1.1	Le module d'inondabilité	55
4.1.2	La construction de l'inondabilité	58
4.2	Cartographie de l'aléa inondation	62
4.2.1	Données d'entrée pour la cartographie	62
4.2.2	Traitement du Lidar	63
4.2.3	Traitement des modèles	65
4.2.4	Organisation sectorielle des cartographies	66
4.2.5	Contenu des cartes.....	67

Chapitre 5 regard critique sur les méthodes et cartographies 72

5.1	Les limites de la méthode Gradex.....	72
5.2	Les limites de la méthode de l'inondabilité	72
5.3	Limites de la représentation cartographique	73

Chapitre 6 Annexes..... 74

6.1	Fiche technique Infoworks CS	74
6.2	Fiche technique Infoworks RS	77

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les modèles existants pour chacun des bassins versant.....	12
Tableau 2 : Bassin versant/ cours d'eau concernés/ Exutoire/ Modèle	14
Tableau 3 : Les modèles existants pour chacun des bassins versant.....	16
Tableau 4: Fiche technique de la Bourre et ses canaux.....	18
Tableau 5 : Fiche technique du bassin versant de la Clarence I.....	20
Tableau 6: Fiche technique de la Grande Becque de Saint-Jans-Cappel	23
Tableau 7: Fiche technique du Guarbecque de la Busnes et de la Demingue.....	25
Tableau 8: Fiche technique de la Laquette	27
Tableau 9 : Fiche technique du bassin versant de la Lawe	29
Tableau 10: Fiche technique de la Loisine et du Surgeon.....	32
Tableau 11 : Fiche technique de la Lys canalisée	34
Tableau 12: Fiche technique du bassin versant de la Lys rivière (modèles : Lys rivière, Liauwette, RC Lys)	36
Tableau 13: Fiche technique du bassin versant de la Melde	38
Tableau 14: Fiche technique de la Méteren Becque.....	40
Tableau 15 : Comparaison des débits extrêmes avec les débits pour T = 100 ans sur le TRI Béthune-Armentières	52
Tableau 16 : Volumes extrêmes obtenus sur le TRI Béthune-Armentières.....	53

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cartographie des communes localisées sur le territoire du TRI	11
Figure 2 : Découpage des modèles hydraulique sur le territoire du bassin versant de la Lys et réseau modélisé	15
Figure 3 : Pluie hivernale centennale de référence – Décembre 1999.....	42
Figure 4 : Caractéristiques de la pluie de projet pour la génération des crues d'intensité extrême	43
Figure 5 : Comparaison des apports pour le sous-bassin BF (à l'amont du modèle) de la Méteren Becque pour T = 100 ans et T=1000 ans	44
Figure 6 : Comparaison des injections pour le modèle de la Méteren Becque pour T = 100 ans et T = 1000 ans en situation hivernale – InfoWorks Cs	44
Figure 7 : Les niveaux d'interface des modèles hydrauliques sur le territoire du SYMSAGEL	45
Figure 8 : Conditions limite amont et aval des modèles hydrauliques sur le territoire du TRI	47
Figure 9 : Les points de transfert – condition limite amont et aval	48
Figure 10 : Les modèles hydrauliques concernés par les itérations	50
Figure 12 : Loi hauteur/surface pour le casier hydraulique BOR_Hazebrouck_6-2-RG sur la Bourre	51
Figure 13 : Remontée des eaux au droit de la Bourre en situation extrême.....	53
Figure 13 : Localisation des points de mesures des débits extrêmes.....	54
Figure 14 : La Méthode TIN.....	56
Figure 15 : La Méthode IDW	56
Figure 17 : Le TIN – modèle numérique de terrain	57
Figure 17 : Synoptique de la méthode pour la construction de l'inondabilité	58
Figure 18 : Casier d'inondabilité pour cours d'eau non endigué.....	59
Figure 20 : Casier d'inondabilité pour cours d'eau endigué	59
Figure 20 : Exemple : représentation des différentes topographies de territoire	60
Figure 22 : Profil transversal tracé sur Infoworks – ligne d'eau	61
Figure 23 : Profil longitudinal tracé sur Infoworks– ligne d'eau.....	61

Figure 24 : Différence entre MNE et MNT	62
Figure 24 : Exemple de chaîne de calcul sous SIG	64
Figure 25 : Traitement des données issues des modèles hydrauliques	65
Figure 26 : Localisation des cartographies sur le TRI Béthune-Armentières.....	66
Figure 28 : Légende des cartes d'aléa	67
Figure 29 : Carte d'aléa de débordement de la Lys – Hauteurs d'eau pour le scénario extrême (1/4)	68
Figure 30 : Carte d'aléa de débordement de la Lys – Hauteurs d'eau pour le scénario extrême (2/4)	69
Figure 31 : Carte d'aléa de débordement de la Lys – Hauteurs d'eau pour le scénario extrême (3/4)	70
Figure 32 : Carte d'aléa de débordement de la Lys – Hauteurs d'eau pour le scénario extrême (4/4)	71

Chapitre 1 Rappel des Objectifs de l'étude et présentation du TRI Béthune-Armentières

1.1 Les objectifs de l'étude

1.1.1 Contexte de l'étude

La présente étude se situe dans le contexte de la mise en œuvre de la directive européenne du 23 octobre 2007, relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondations (DI). Celle-ci 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 étapes suivantes :

- Evaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI) : achevée le 22 décembre 2011 ;
- Identification des territoires à risques important d'inondation (TRI) : achevée à l'automne 2012 par la signature d'un arrêté préfectoral ;
- Elaboration des cartes des surfaces inondables et des cartes des risques d'inondation dans les TRI pour trois probabilités de dépassement : pour le 22 décembre 2013 ;
- Elaboration des plans de gestion des risques d'inondation (PGRI) : à achever pour la 22 décembre 2015.

Un Territoire à Risque Important d'Inondation (TRI) est une zone où les enjeux potentiellement exposés aux inondations sont les plus importants, en comparaison avec la situation globale du district.

L'objectif de la présente étude est la réalisation des cartes des zones inondables représentant l'aléa extrême (T supérieur à 1000 ans) pour le TRI Béthune-Armentières, propre au débordement de la Lys et de ses principaux affluents (départements du Nord Pas-de-Calais).

1.1.2 Phasage et déroulement de l'étude

L'étude concernant l'élaboration des cartes des surfaces inondées pour l'évènement extrême se décompose en différentes étapes :

- **Etape 1 : Analyse de la documentation et du fonctionnement des bassins versants** (présent document) : Synthèse bibliographique critique à partir des études antérieures pour l'explication des phénomènes hydrologiques et hydrauliques en cause dans les inondations vécues ou à prévoir au droit du TRI ;
- **Etape 2 : Premiers éléments concernant les casiers et zones d'expansion de crues modélisées dans les études antérieures** : Elaboration de cartes comparatives mettant en évidence les casiers et « flood compartments » modélisés dans les études antérieures (Etude Inondabilité), face à la géologie, face à la topographie (LIDAR), face aux

inondations T= 100 ans, pour une discussion sur la justification a priori, des zones d'expansion de crues modélisées.

- **Etape 3 : Détermination des débits pour l'évènement extrême** : calcul des débits extrêmes T > 1000 ans sur chacun des bassins élémentaires des 14 modèles hydrauliques ;
- **Etape 4 : Modélisation à partir des modèles existants des zones inondables pour l'évènement extrême / cartographie associée** ;

Remarque :

La méthodologie proposée dans une première approche par les services de l'état dans le cadre du marché initial prévoyait la confortation des résultats par le biais de deux méthodes menées en parallèle pour l'établissement des cartes d'inondation, à savoir une cartographie sur la base d'une étude géomorphologique et une cartographie d'une modélisation hydraulique.

Compte tenu des délais impartis très courts, la méthodologie retenue sur le territoire du TRI s'est vu modifiée et simplifiée. A été validé par le maître d'ouvrage la cartographie des zones inondables par la seule méthode issue d'une modélisation hydraulique détaillée.

De plus la réunion de démarrage (9 juillet 2013) a permis de poser les éléments affinés en terme méthodologique. Le compte rendu soumis et validé par le COPIL fait état que le travail sur l'extension des casiers est réalisée en même temps que le travail sur le modèle hydraulique : la phase 2 constituera une première analyse (cartes comparatives) sur l'ajout de nouvelles zones, a priori, sur la base des zones d'expansion déjà construites, les casiers seront construits dans le modèle dans le cadre de la phase 5, en parallèle de l'implémentation du modèle hydraulique.

Concernant l'estimation des débits extrêmes, aucune méthode n'est imposée par le Maître d'Ouvrage.

La méthode du Gradex est privilégiée ; confirmée si possible avec les données fournies de la base de données Shyreg-débit.

Concernant les apports amont, en dehors du TRI, les débits extrêmes seront calculés sur la base d'un gradex des débits de crue résultant des bassins amont globaux, juste aux points d'entrée vers le périmètre TRI. A l'intérieur du TRI seulement, le gradex des débits sera fait sur chacun des bassins élémentaires.

Les cartes d'inondation concernent les débordements de la Lys mais également les débordements des affluents inscrits dans le TRI. Seules les zones de débordements au sein du TRI seront implémentées afin d'aboutir à une cartographie au plus juste. »

Le présent document concerne l'Etape 4 : Modélisation à partir des modèles existants des zones inondables pour l'évènement extrême / cartographie associée ;

1.2 Le secteur du TRI Béthune-Armentières

La délimitation du territoire du TRI Béthune-Armentières est fonction des limites administratives d'une commune ou d'un regroupement de communes. De ce fait, les limites du TRI ne suivent pas les bassins hydrographiques des cours d'eau.

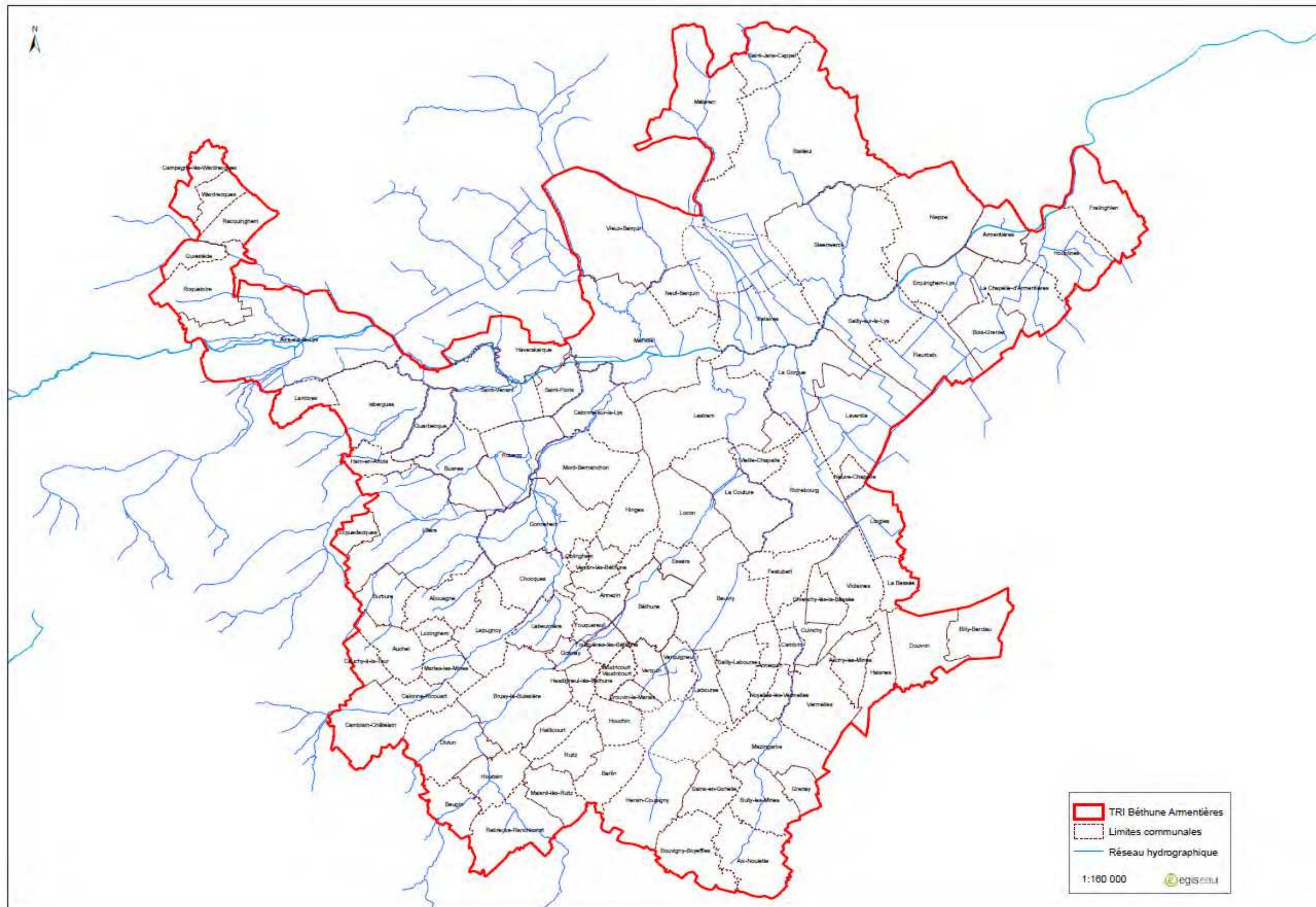
Le territoire du TRI Béthune-Armentières ne reprend pas l'ensemble du bassin versant de la Lys, mais regroupe 106 communes (dont 87 dans le département du Pas-de-Calais et 19 dans le Nord), sur un territoire d'environ 950 km².

Les unités hydrographiques concernées et localisées dans le périmètre du TRI Béthune-Armentières sont les suivantes:

- La Lys Rivière puis la Lys canalisée,
- La Bourre,
- La Becque de la Méteren,
- La Becque de St Jans Cappel,
- La Lawe amont et aval,
- La Loisne et Surgeon,
- La Clarence amont et aval,
- Le Guarbecque, la Busnes et la Demingue
- Le Grand Nocq,
- La Laquette,
- La Melde.

La carte suivante superpose la limite administrative du TRI Béthune – Armentières avec le réseau hydrographique principal.

Figure 1 : Cartographie des communes localisées sur le territoire du TRI



Chapitre 2 Conception et structures des modèles hydrauliques – Etudes antérieures

2.1 Construction des modèles hydrauliques

2.1.1 Historique des modèles

Les bassins versant du territoire de la Lys ont déjà fait l'objet, avant l'étude du TRI, à au moins une modélisation hydraulique et hydrologique. L'étude du TRI succède aux études suivantes :

- Plan de Gestion Globale et Equilibrée des Ecoulement et des Crues (PGGEEC) des eaux de tous les cours d'eau ;
- Etudes de faisabilité ;
- Etudes de conception ;
- Etude d'inondabilité.

L'exception est représentée par la plaine de la Flandre Intérieure en rive droite de la Lys canalisée qui n'a jamais été modélisée (bassin versant constitué par un réseau très maillé de fossés et peu d'aménagement ont été envisagé sur ce territoire).

Le tableau ci-après précise pour chacun des bassins versants, le bureau d'études qui a créé les modèles hydrauliques et le logiciel employé.

[En bleu](#), les cinq modèles hydrauliques et hydrologiques qui n'ont pas été construits par Egis Eau. Ils ont été réalisés sur Infoworks RS et sur CARIMA (Calcul des Rivières Maillées).

Ces 14 modèles représentent la base de l'étude d'inondabilité, réalisée pour le compte du Symsagel et qui servira de base à l'élaboration des cartes du TRI.

Bassin versant	Modèle existant	Bureau d'études
Busnes	Infoworks CS	Egis Eau
Canaux de la Bourre	Infoworks CS	Egis Eau
Clarence et Grand Nocq	Infoworks CS Infoworks RS	Egis Eau
Demingue	Infoworks CS	Egis Eau
Grande Becque de Saint-Jans Cappel	Infoworks CS	Egis Eau
Guarbecque	Infoworks CS	Egis Eau
Laquette	Infoworks CS	Egis Eau
Lawe	Infoworks RS	Antea Group
Loisne et Surgeon	Infoworks CS	Egis Eau
Lys canalisée	CARIMA	SOGREAH
Lys rivière	Infoworks RS	Antea Group
Melde du Pas-de-Calais	Infoworks RS	Antea Group
Méteren Becque	Infoworks CS	Egis Eau
Nœud hydraulique d'Aire-sur-la-Lys	CARIMA	David Maelle
La plaine de la Flandre intérieure	Pas de modèle existant	/

Tableau 1 : Les modèles existants pour chacun des bassins versant

2.1.2 Sous bassins versants, modèles et cours d'eau

Pour la majorité des bassins versants du territoire du TRI Béthune-Armentières, une correspondance a été possible entre l'emprise du Bassin versant et celle des modèles hydrauliques. Par exemple, le bassin versant des canaux de la Bourre constitue un seul modèle hydraulique.

Cependant, certains bassins versants ont été découpés en deux voire trois modèles, étant donné la complexité du système hydrographique et l'historique des modèles. D'autres, par contre, ont été regroupés en un seul modèle.

Le bassin versant de la Clarence et de ses affluents a été découpé en deux sous-modèles : la « Clarence Amont » et la « Clarence Aval ». Le premier réalisé sur Infoworks CS et le deuxième sur Infoworks RS. En outre, le Grand Nocq, affluent de la Clarence, a fait l'objet d'un troisième modèle « Grand Nocq ».

De la même manière, la Lawe a été divisée en trois modèles : « Lawe amont », « Lawe aval » et affluent de la Lawe amont « RC Lawe » ; ces affluents ne sont toutefois pas inclus sur le territoire du TRI.

En revanche, les bassins versant du Guarbecque, de la Busnes et de la Demingue ont été regroupés en un seul modèle hydraulique le « G-B-D ».

Le nœud hydraulique d'Aire-sur-la-Lys qui constituait un bassin versant élémentaire, a été intégré au modèle de la Lys canalisée.

Le tableau suivant liste, pour chaque bassin versant, le(s) cours d'eau et leur exutoire et le(s) modèle(s) associés.

Les 14 sous-bassins élémentaires ont été modélisés en 16 modèles hydrauliques, dont

- douze ont été construits avec Infoworks CS,
- quatre avec Infoworks RS (« Clarence Aval », « Grand Nocq », « Lawe amont » et « Lawe Aval »).

Sous-bassin versant	Cours d'eau	Exutoire	Modèle
Busnes	Busnes	Lys canalisée	G-B-D Lys canalisée
	Rimbert	Busnes	Clarence Amont Guarbecque
Canaux de la Bourre	Borre Becque; Bourre ; canal d'hazebrouck ; canal de Nieppe ; Foëne Becque ; Grande et Petite Steenbecque ; Zerclebecque	Lys canalisée	Bourre
Clarence	Busnettes, Nave	Clarence	Clarence Amont Clarence Aval
	Clarence	Lys canalisée	Clarence Amont Clarence Aval
	Fossé Justin	Busnettes	Clarence Amont
	Fossé Noir, Hurionville, Meroise	Nave	Clarence Amont
	Grand Nocq	Clarence	Grand Nocq Clarence Aval
Demingue	Demingue	Vielle Lys	G-B-D
Grande Becque de Saint-Jans Cappel	Grande Becque de Saint-Jans Cappel	Lys canalisée	Saint-Jans-Cappel
Guarbecque	Guarbecque	Lys canalisé	G-B-D
Laquette	Laque	Lys canalisée	Laquette Lys canalisée
	Laquette	Lys rivière	
	Mardick, Surgeon, Tirmande	Laquette	Laquette
Lawe	Lawe	Lys canalisée	Lawe amont Lawe Aval
	Affluents Lawe	Lawe	RC Lawe
Loisne et Surgeon	Loisne et Surgeon	Canal d'Aire	Loisne et Surgeon
Lys rivière	Bruvau	Liauquette	Lys rivière Lys canalisée
	Liauquette ;	Oduel	Lys rivière Lys canalisée
	Oduel	Lys rivière	Lys canalisée
	Petite Lys ; Traxenne	Lys rivière	Lys rivière
	fossé de Maisnil ; fossé de Wandonne ;	Lys rivière	RC Lys
	Lys rivière	Lys canalisée	Lys rivière
Melde du Pas-de-Calais	Melde	Oduel	Melde
Méteren Becque	Courant de Bayard, courant de la Maladrerie ; Courant du pont de Beurre ; Méteren Becque	Lys canalisée	Méteren Becque
Nœud hydraulique d'Aire-sur-la-Lys	Lys rivière, Petite Lys, Bruvau, Oduel, Melde, Laquette	Lys canalisée	Lys canalisée
Plaine de la Lys et de la Flandre intérieure	Lys canalisée	Deul	Lys canalisée
	Réseau maillé de fossés	Lys canalisée	

Tableau 2 : Bassin versant/ cours d'eau concernés/ Exutoire/ Modèle

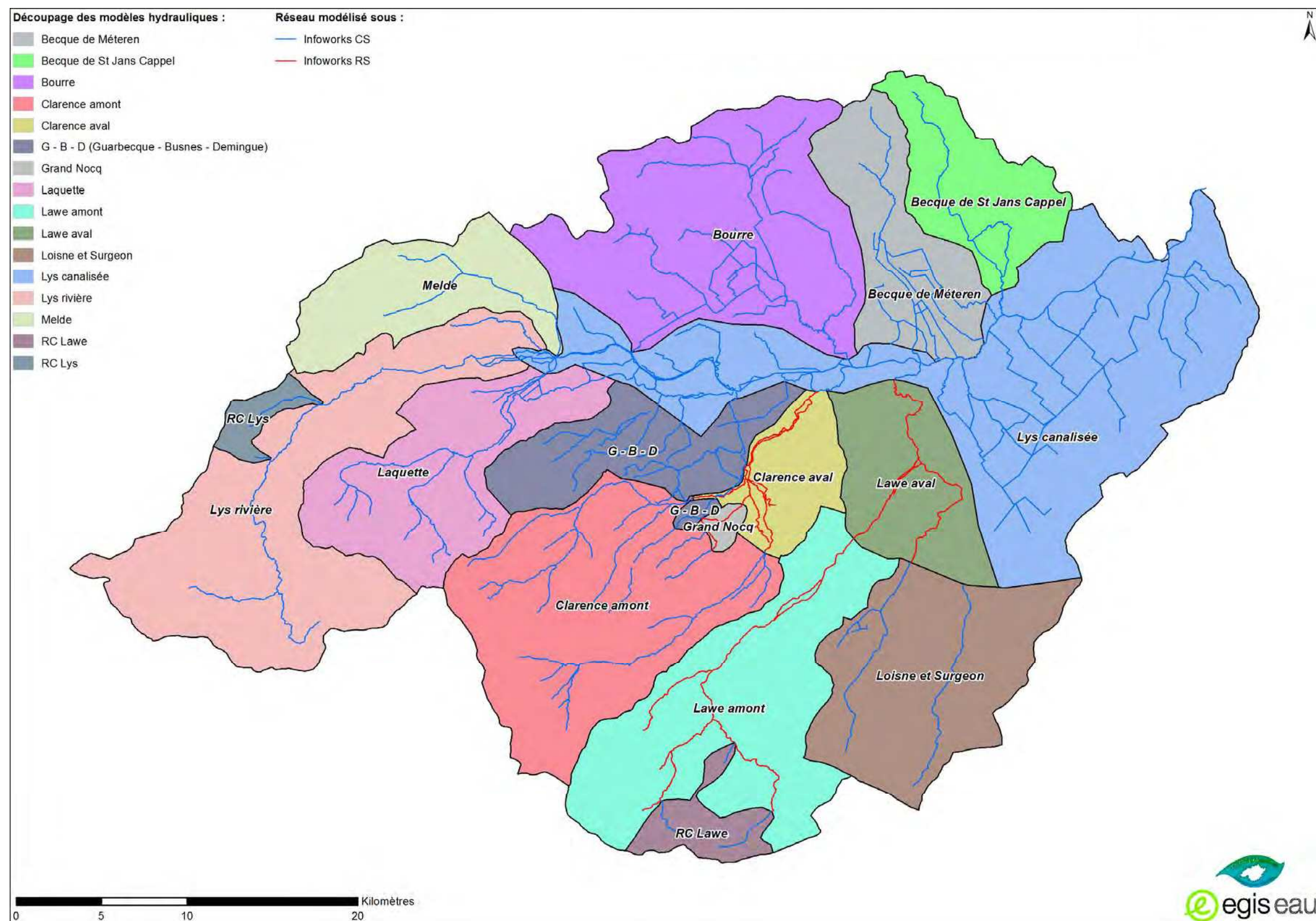


Figure 2 : Découpage des modèles hydraulique sur le territoire du bassin versant de la Lys et réseau modélisé

2.1.3 Implémentation et/ou modification des modèles

Le tableau suivant liste les implémentations et/ou modifications apportées à chaque modèle, dans le cadre de l'étude d'inondabilité, réalisée pour le compte du SYMSAGEL.

Modèle hydraulique	Logiciel - Modèle existant	Logiciel - Modèle final - inondabilité	Implémentation/modification
Canaux de la Bourre	Infoworks CS	Infoworks CS	Implémentation pour la création de l'inondabilité
Clarence Amont	Infoworks CS	Infoworks CS	Implémentation pour la création de l'inondabilité
G-B-D	Infoworks CS	Infoworks CS	Implémentation pour la création de l'inondabilité
Clarence Aval	Infoworks RS	Infoworks RS	Implémentation pour la création de l'inondabilité
Grand Nocq	Infoworks RS	Infoworks RS	Implémentation pour la création de l'inondabilité
Grande Becque de Saint-Jans Cappel	Infoworks RS	Infoworks CS	- Passage sur Infoworks CS - Implémentation pour la création de l'inondabilité
Laquette	Infoworks CS	Infoworks CS	Implémentation pour la création de l'inondabilité
Lawe amont	Infoworks RS	Infoworks RS	- Implémentation pour la création de l'inondabilité ; - Augmentation du linéaire modélisé
Lawe Aval			
Loisne et Surgeon	Infoworks CS	Infoworks CS	Implémentation pour la création de l'inondabilité
<u>Lys canalisée</u>	CARIMA	Infoworks CS	- Passage de CARIMA à Infoworks CS ; - Implémentation pour la création de l'inondabilité (ajoute des casiers de débordements) ; - Intégration du Nœud hydraulique d'Aire-sur-la-Lys ; - Intégration des apports de la Petite Melde de la Plaine de la Lys
<u>Lys rivière</u>	Infoworks RS	Infoworks CS	- Passage sur Infoworks CS et calage ; - Augmentation du linéaire modélisé (ajoute de la Petite Lys et du Bruvau) ; - Implémentation pour la création de l'inondabilité
<u>Melde du Pas-de-Calais</u>	Infoworks RS	Infoworks CS	- Passage sur Infoworks CS - Augmentation du linéaire modélisé - Implémentation pour la création de l'inondabilité
Métern Becque	Infoworks CS	Infoworks CS	Implémentation pour la création de l'inondabilité
RC Lawe	Infoworks CS	Infoworks CS	Implémentation pour la création de l'inondabilité
RC Lys	Infoworks CS	Infoworks CS	Implémentation pour la création de l'inondabilité

Tableau 3 : Les modèles existants pour chacun des bassins versant

On remarque alors que :

- Tous les modèles réalisés par les bureaux d'études autres qu'Egis Eau ont été transformés sur Infoworks CS pour une question d'homogénéité et de stabilité des modèles, à l'exception du modèle Lawe qui a été gardé en Infoworks RS.
- La totalité des modèles hydrauliques a fait l'objet de l'implémentation du module inondabilité pour la réalisation des cartes d'inondation.
- Les modèles de la Lys canalisée, de la Lys rivière et de la Melde ont été prolongés.

La fiche technique du logiciel Infoworks CS est présentée en Annexe 6.1 ;

La fiche technique du logiciel Infoworks RS est présentée en Annexe 6.2 ;

La méthode de réalisation de l'inondabilité sur Infoworks CS et RS est présentée au paragraphe 4.1

2.1.4 Augmentation du linéaire modélisé pour l'étude d'inondabilité

2.1.4.1 La Melde

Par rapport au modèle initial, le linéaire de la Melde a été prolongé à l'amont. En particulier, 23 240m ont été ajoutés sur la branche nord et 4393m sur la branche sud. Ceci se traduit, en termes de modélisation, par l'ajout de :

- 76 nœuds ;
- 40 casiers ;
- 88 tronçons de rivière ;
- 21 conduites ;
- 40 orifices ;
- 161 « weir » ;
- Les deux gros bassins versants à l'amont du modèle RS ont été découpés en 6 sous bassins versants.

2.1.4.2 Construction du modèle de la Plaine de la Lys

L'absence d'un modèle hydraulique du bassin versant du bas-pays, de la plaine de la Lys et de la Flandre inférieure, à l'aval de la confluence de la Lawe, a été compensée par la création d'un modèle hydraulique et hydrologique qui simplifie le système complexe de réseaux maillés.

L'occupation des sols a été déterminée à partir de la Base SIGALE, base de données de la région Nord-Pas-de-Calais mise à jour en 2009. Les types d'occupation des sols inventoriés sont : forêt et milieux semi-natures, prairies, surfaces en eau, terres cultivées, zones humides, zones urbaines et autres espaces artificialisés.

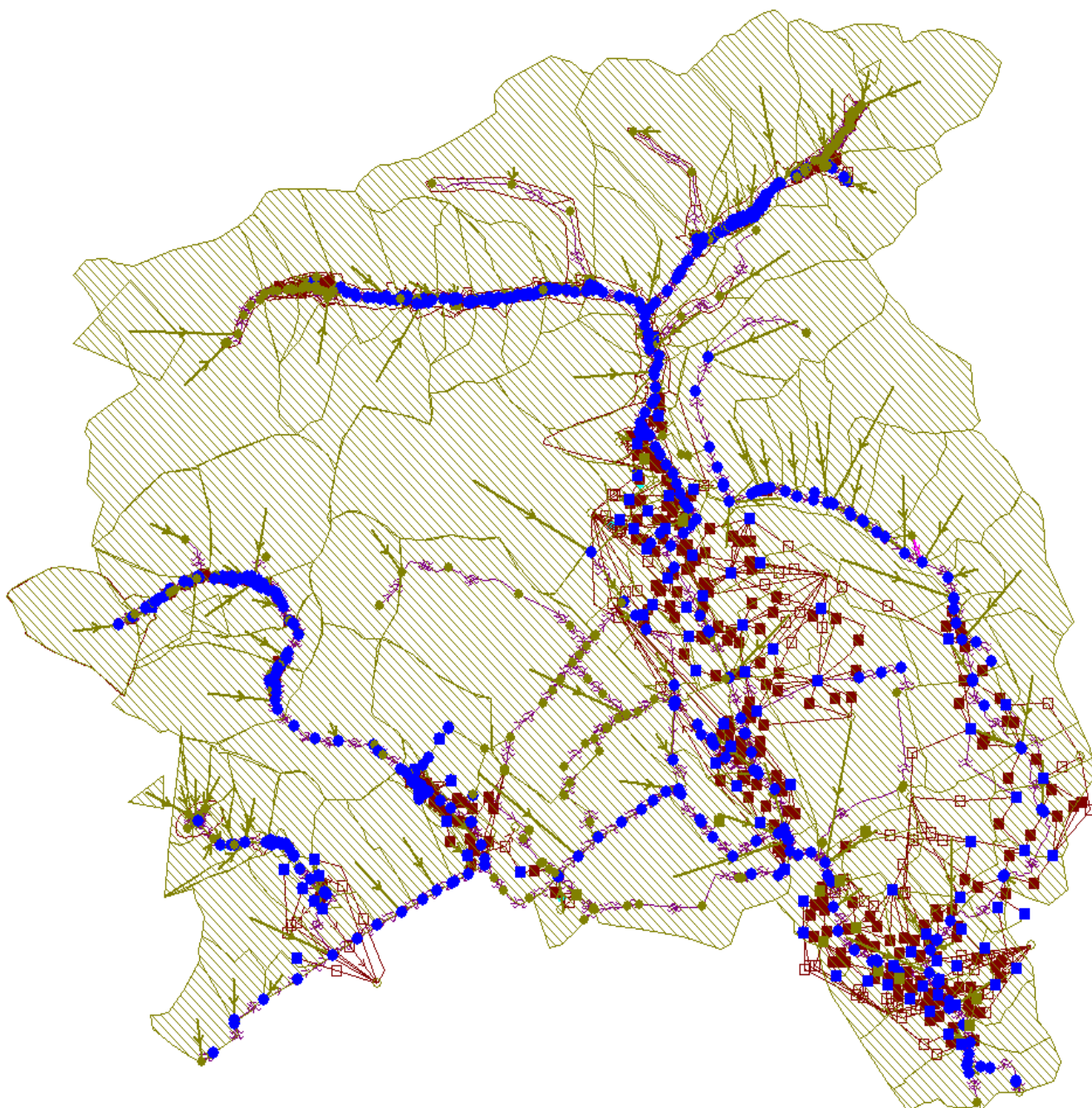
2.2 Les fiches techniques des modèles – étude d'inondabilité

Les fiches techniques ci-dessous ont pour objectif de présenter les caractéristiques de chacun des modèles. Elles sont décomposées en deux parties, la première décrit les généralités (caractéristiques du bassin versant, logiciel utilisé, méthode de calage, aménagements pris en compte...), la seconde, plus technique, présente la composition du modèle (caractéristiques et nombre d'éléments entrés dans le modèle).

Bourre et ses canaux		
Généralité		
Surface bassin versant	(ha)	1700
Longueur cours d'eau modélisé	(m)	117000
Logiciel	source	Infoworks CS
	final	Infoworks CS
Calage	Ouï/non	Oui
	Typologie (homothétique etc...)	Par points de mesure
	Evènement calage (été/hiver)	nov-08
	point(s) de calage	trois (Borre Beque à Hazebrouck, Grande Steenbecque à Morbecque et la Bourre à Merville)
	Origine des mesures	Symsagel
Aménagement(s)	Nombre total	6
Condition limite amont		module pluie/débit Infoworks
Condition limite aval		Lys canalisée
Modèle		
Nombre éléments	Nœuds	787
	Casiers	112
	Sous-bassin versants	115
	Points d'injection autres que les BV élémentaires	13
Nombre tronçons "rivers"	Tronçons lit mineur	100
	Tronçons lit mineur et lit majeur	457
	Total	557
Nombre tronçon autre que "rivers"	Conduites	179
	Pompes	0
	Vannes	4
	Weir	363

Tableau 4: Fiche technique de la Bourre et ses canaux

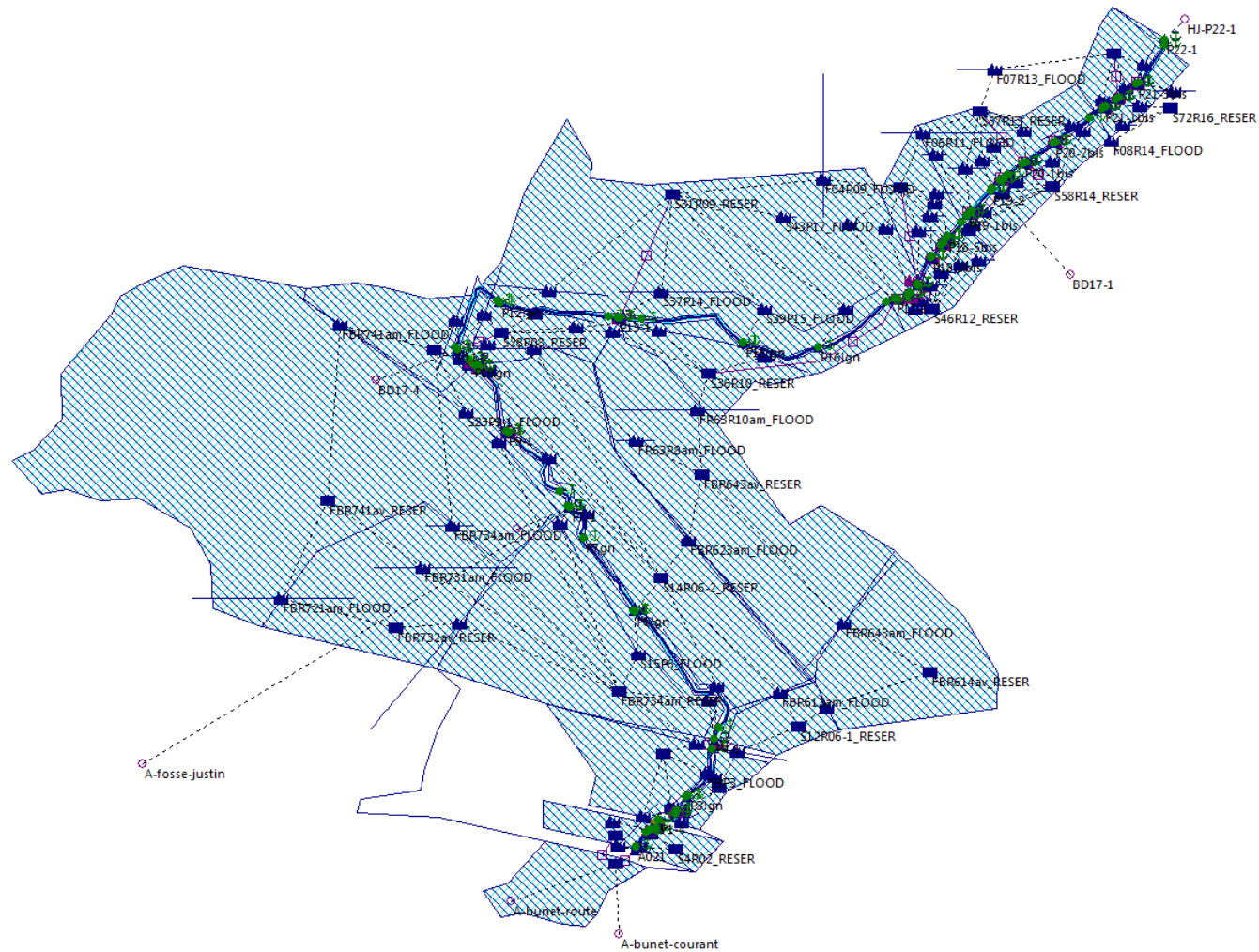
➤ **Modèle de la Bourre – InfoWorks CS**



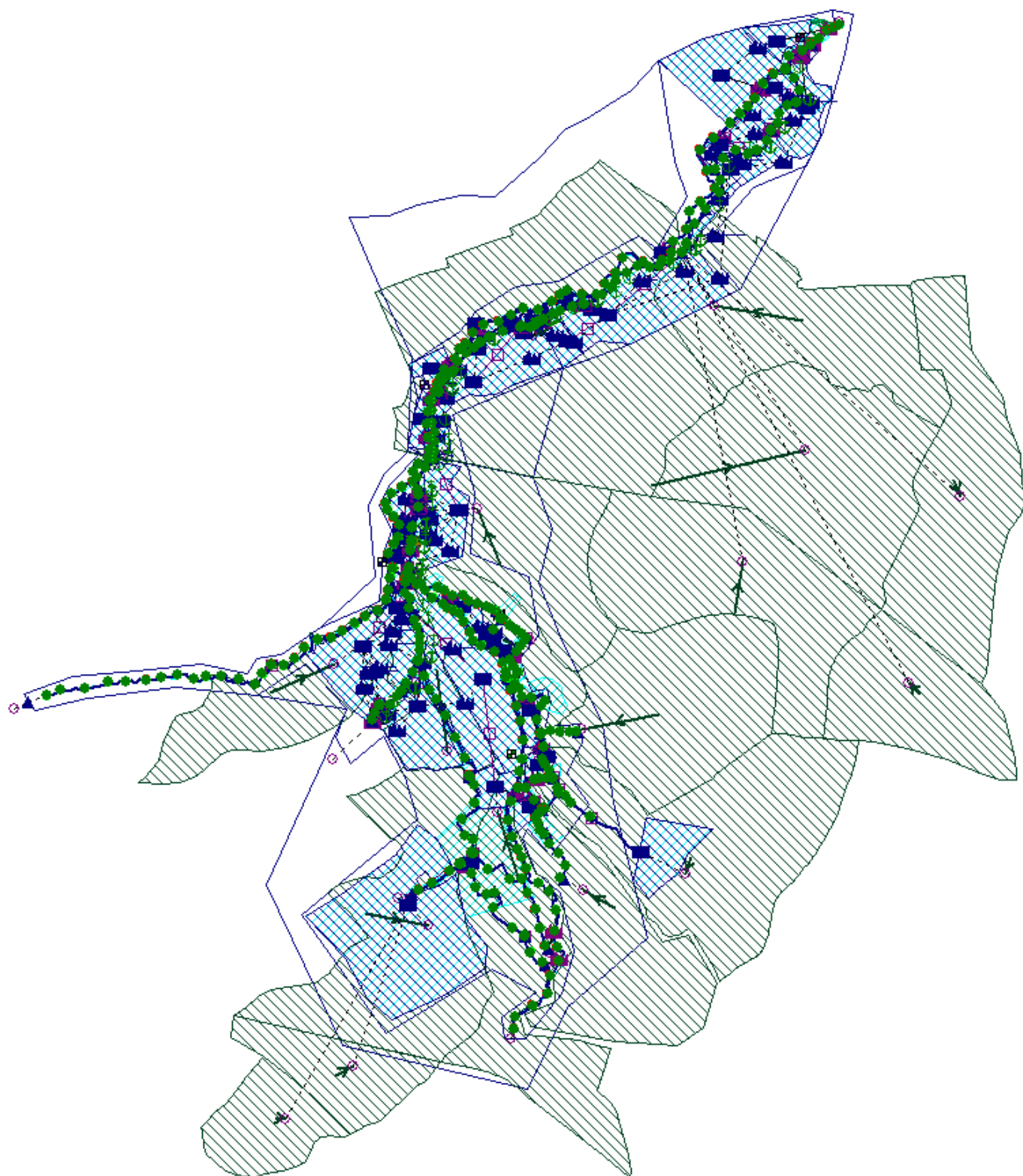
Clarence			Clarence amont	Clarence Aval	Grand Nocq amont
Généralité			sous-modèle 1	sous-modèle 2	sous-modèle 4
Surface bassin versant	(ha)	38480	34250	4230	
Longueur cours d'eau modélisé	(m)	157600	116000	37000	4600
Sous-modèles	Nombre	3	-	-	-
Logiciel	Source		infoworks CS	infoworks RS	Infoworks RS
	Final		infoworks CS	Infoworks RS	Infoworks RS
Calage	Oui/non		Oui	Oui	Oui
	Typologie (homothétique etc...)		Par points de mesure	Par comparaison des désordres hydrauliques	Par comparaison des désordres hydrauliques
	Evènement calage (été/hiver)		Calage estivale (avril 2005)	Calage estivale (Juillet 2005)	Calage estivale (Juillet 2005)
	Point(s) de calage		5 (Pernes, Chocques, Lillers, Cantes, Rieux)	ensemble du territoire	ensemble du territoire
	Origine des mesures		campagne OTECH (2005)	-	-
Aménagement(s)	Nombre totale		4	2	-
Condition limite amont			module pluie/débit Infoworks	Hydrogrammes issus du modèle de la Clarence Amont + module pluie-débit	Hydrogramme issu du modèle de la Clarence Amont (Busnettes) + module pluie/débit
Condition limite aval			Contrainte aval imposée par le modèle de la Clarence aval et du Guarbecque	Lys canalisée	Grand Nocq aval(modèle Clarence Aval)
Modèle					
Nombre éléments	Nœuds	1996	1141	601	254
	Casiers	106	57	27	22
	Sous-bassin versants	171	154	17	
	Points d'injection autres que les BV élémentaires	33	0	26	7
Nombre tronçons "rivers"	Total	1172	735	367	70
Nombre tronçon autre que "rivers"	Conduites	372	371	1	
	Orifices	144	60	53	31
	Pompes	1	1	-	-
	Vannes	3	3	-	-
	Weir	408	330	58	20

Tableau 5 : Fiche technique du bassin versant de la Clarence – modèles : Clarence Amont, aval et Grand Nocq aval

➤ **Modèle de la Clarence aval – InfoWorks RS**



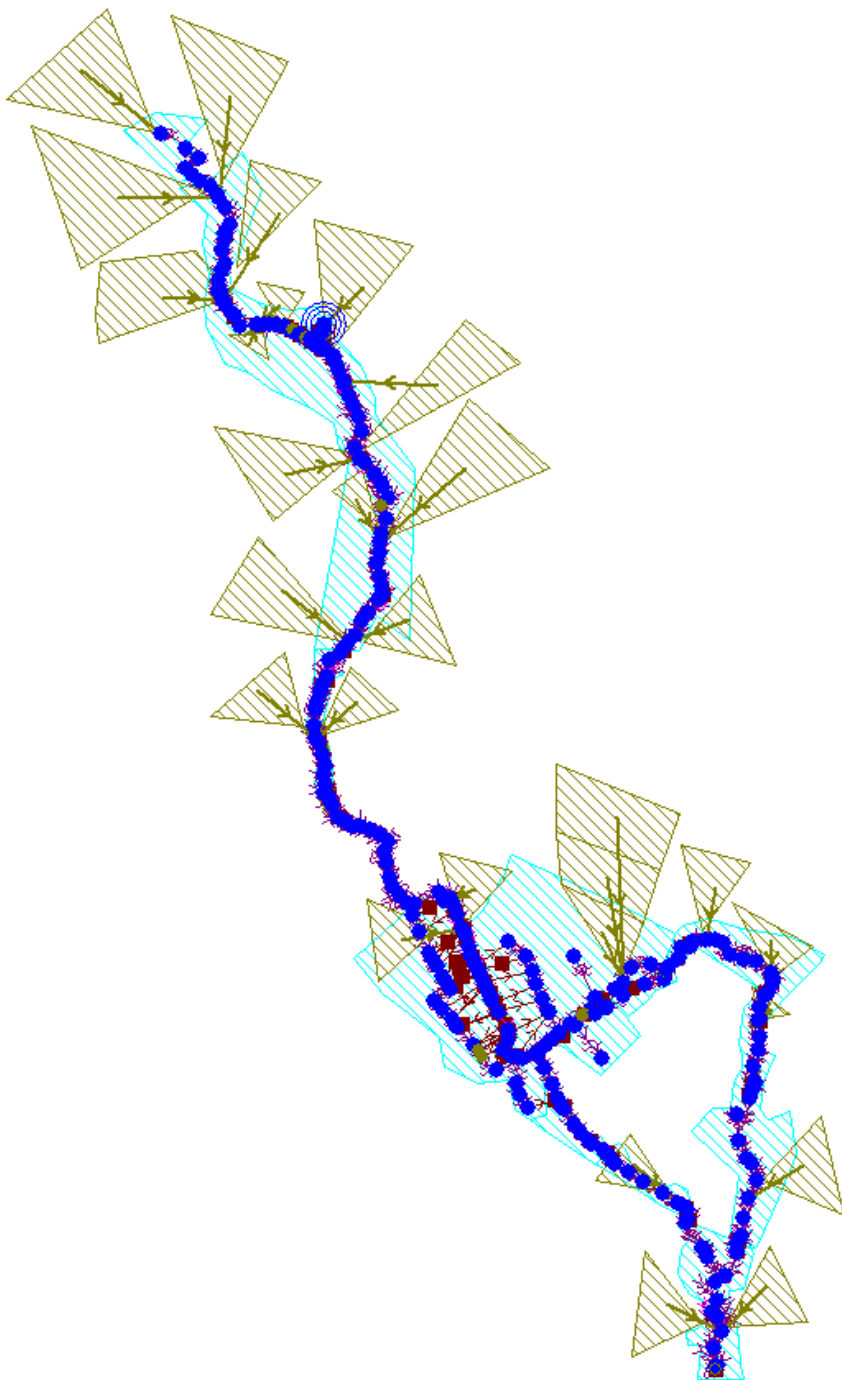
➤ **Modèle du Grand Nocq – InfoWorks RS**



Grande Becque de Saint-Jans-Cappel		
Généralité		
Surface bassin versant	(ha)	6800
Longueur cours d'eau modélisé	(m)	28000
Logiciel	source	Infoworks RS
	final	Infoworks CS
Calage	Oui/non	non
	Typologie (homothétique etc...)	modèle initial déjà calé
Aménagement(s)	Nombre total	1
Condition limite amont		module pluie/débit Infoworks
Condition limite aval		Lys canalisée
Modèle		
Nombre éléments	Nœuds	308
	Casiers	2
	Sous-bassin versants	28
	Points d'injection autres que les BV élémentaires	0
Nombre tronçons "rivers"	Tronçons lit mineur	102
	Tronçons lit mineur et lit majeur	145
	Total	247
Nombre tronçon autre que "rivers"	Conduites	60
	Orifices	0
	Pompes	0
	Vannes	1
	Weir	101

Tableau 6: Fiche technique de la Grande Becque de Saint-Jans-Cappel

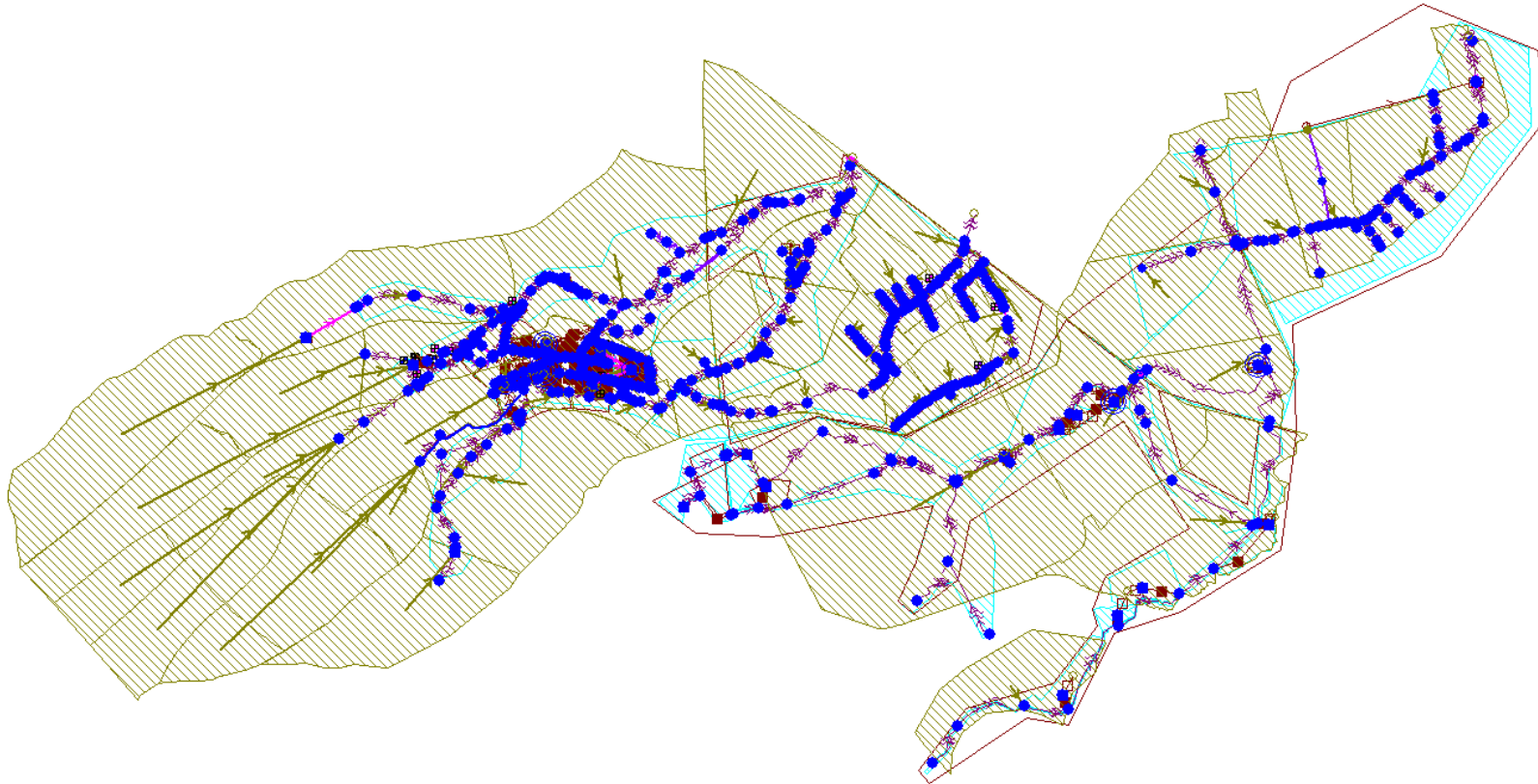
➤ **Modèle de Saint Jans Cappel – InfoWorks CS**



Guarbecque, Busnes et Demingue		
Généralité		
Surface bassin versant	(ha)	7200
Longueur cours d'eau modélisé	(m)	79100
Logiciel	source	Infoworks CS
	final	Infoworks CS
Calage	Oui/non	Oui
	Typologie (homothétique etc...)	Par points de mesure
	Evènement calage (été/hiver)	Calage estival (avril 2005)
	point(s) de calage	1 (en amont de la confluence avec la Riviérette)
	Origine des mesures	Campagne OTECH (2005)
Aménagement(s)	Nombre total	3
Condition limite amont		module pluie/débit Infoworks
Condition limite aval		Lys canalisée
Modèle		
Nombre éléments	Nœuds	619
	Casiers	25
	Sous-bassin versants	64
	Points d'injection autres que les BV élémentaires	42
Nombre tronçons "rivers"	Tronçons lit mineur	175
	Tronçons lit mineur et lit majeur	320
	Total	495
Nombre tronçon autre que "rivers"	Conduites	103
	Orifices	21
	Pompes	0
	Vannes	0
	Weir	162

Tableau 7: Fiche technique du Guarbecque de la Busnes et de la Demingue

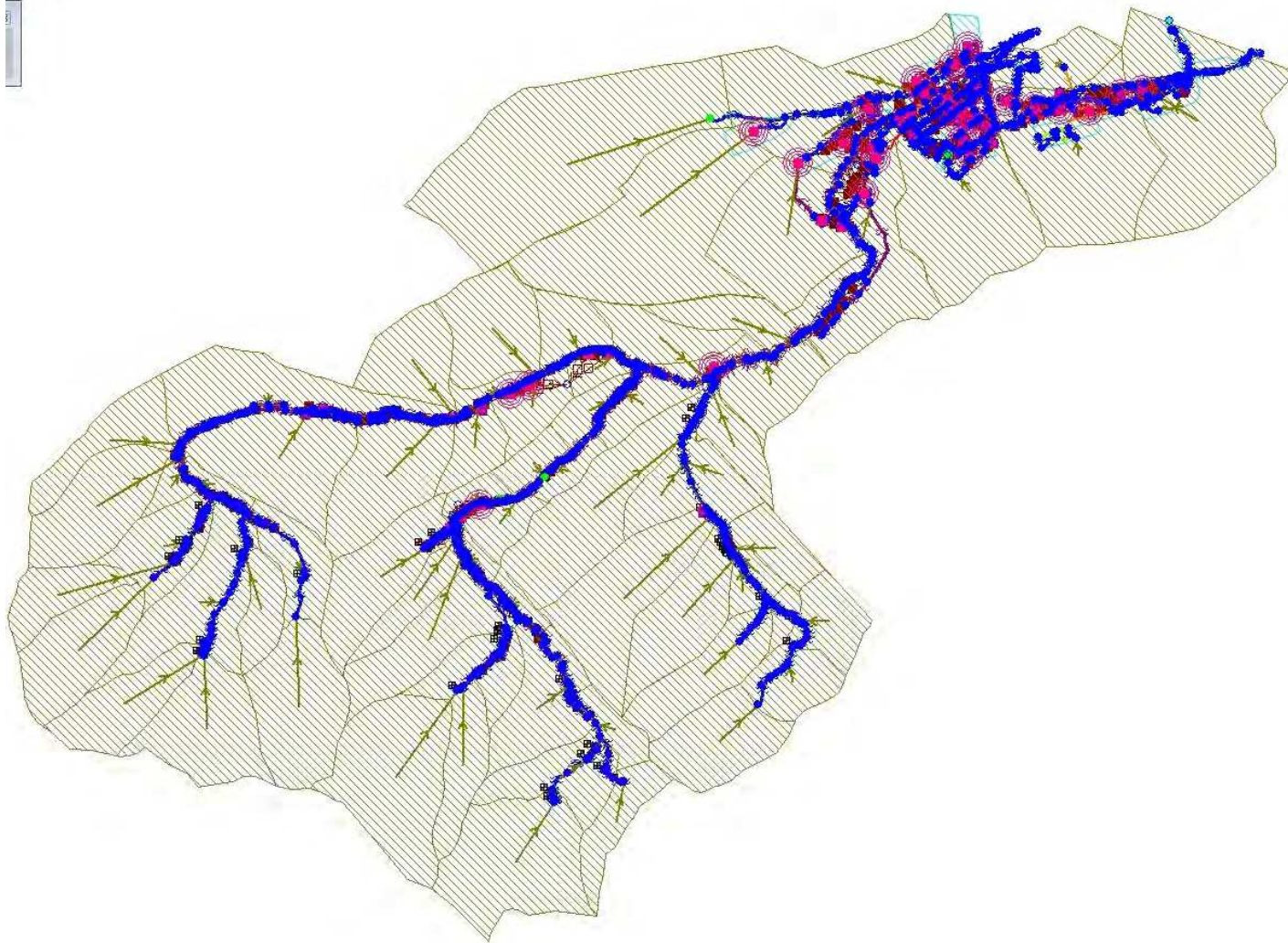
➤ **Modèle du Guarbecque – InfoWorks CS**



Laquette		
Généralité		
Surface bassin versant	(ha)	11600
Longueur cours d'eau	(m)	103000
Sous-modèles	Nombre	0
Logiciel	source	Infoworks CS
	final	Infoworks CS
Calage	Oui/non	Oui
	Typologie (homothétique etc...)	Par points de mesure
	Evènement calage (été/hiver)	Calage d'été (Juillet 2005) et calage d'hiver (Décembre 1993)
	point(s) de calage	Witternesse
	Origine des mesures	Station DIREN
Aménagement(s)	Nombre total	4
Condition limite amont		module pluie/débit Infoworks
Condition limite aval		Lys canalisée
Modèle		
Nombre éléments	Nœuds	1348
	Casiers	56
	Sous-bassin versants	71
	Points d'injection autres que les BV élémentaires	15
Nombre tronçons "rivers"	Total	1098
Nombre tronçon autre que "rivers"	Conduites	217
	Orifices	56
	Pompes	0
	Vannes	7
	Weir	363

Tableau 8: Fiche technique de la Laquette

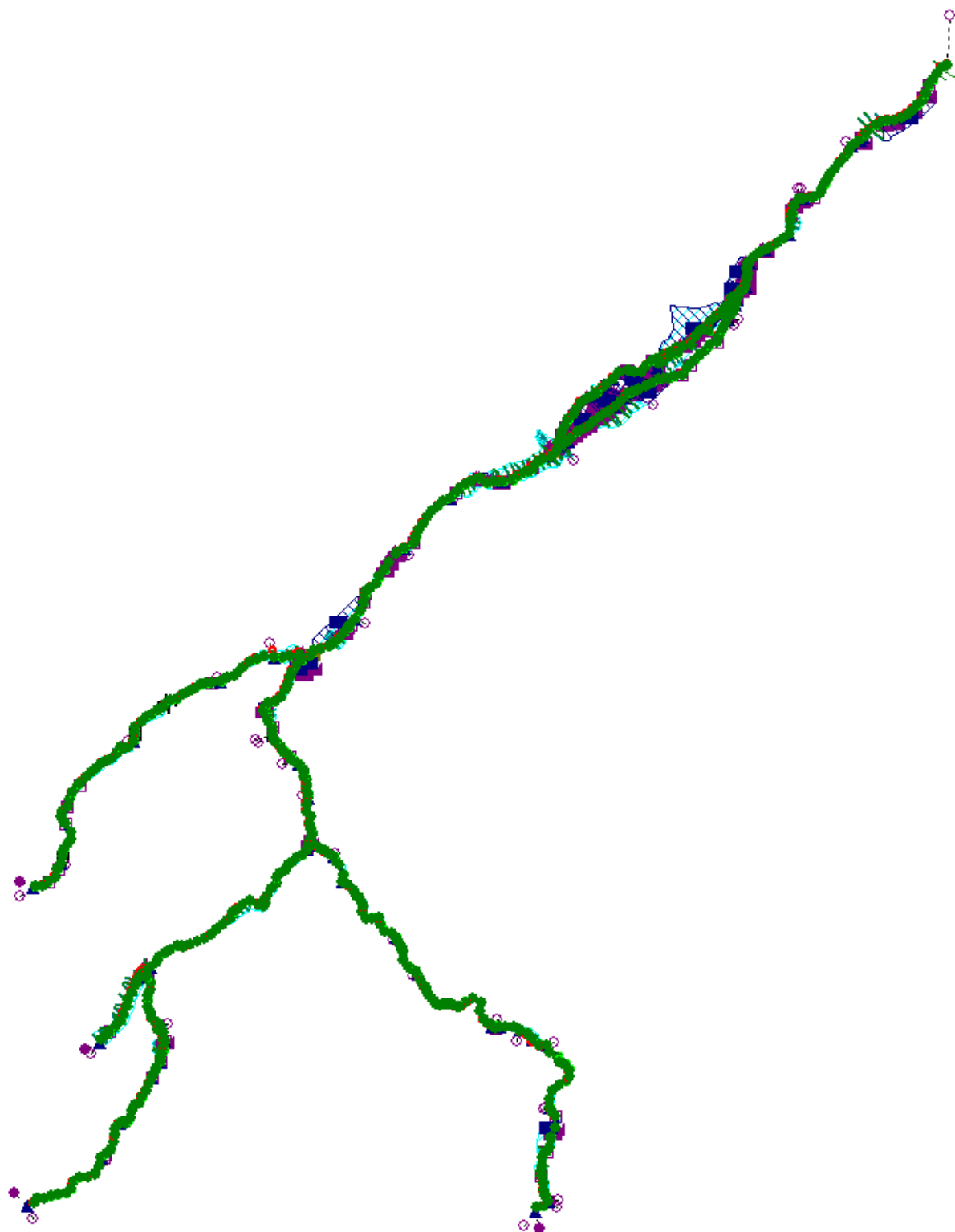
➤ **Modèle Laquette – InfoWorks CS**



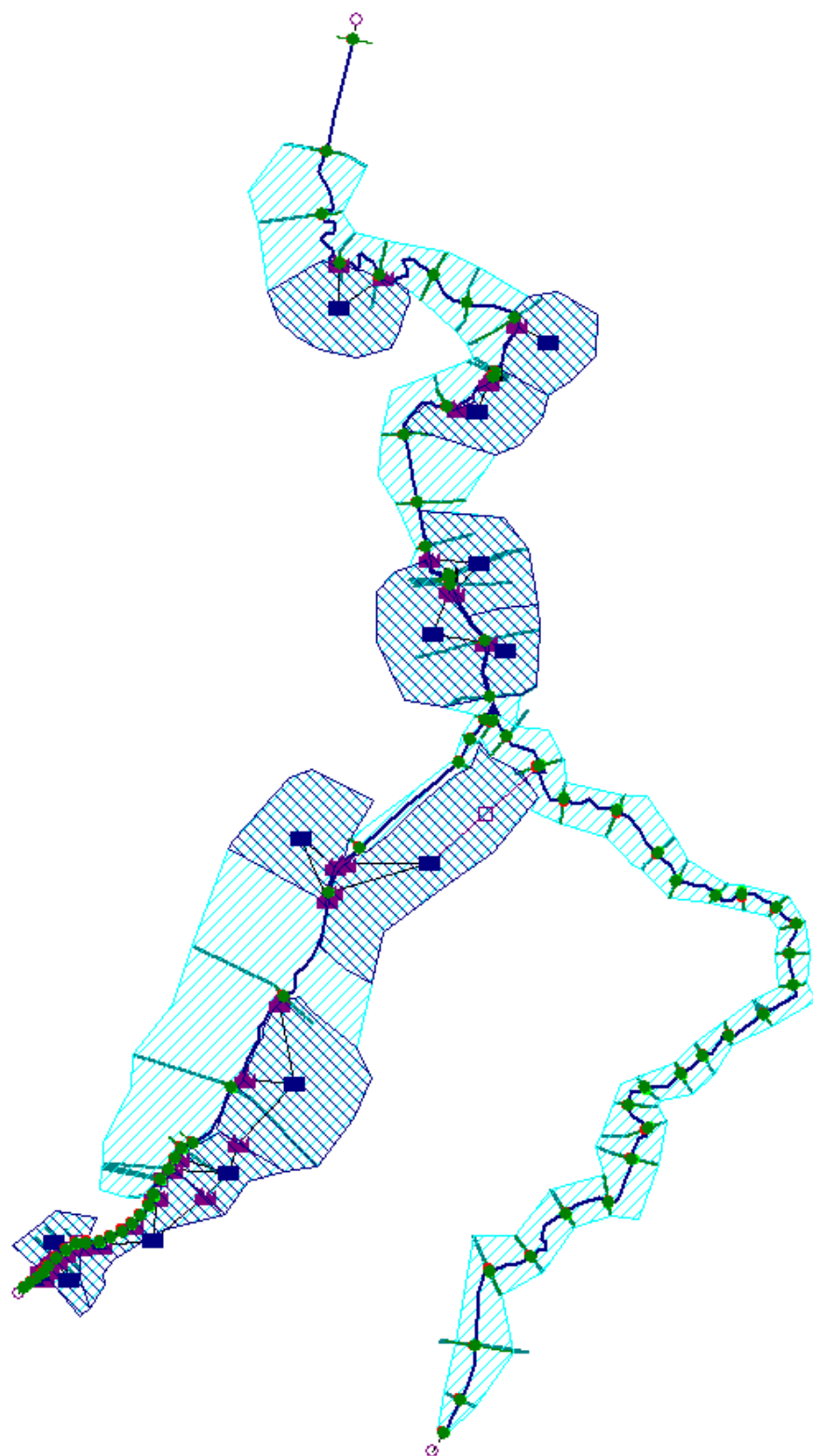
		Lawe	Lawe amont 1	Lawe amont 2	Lawe aval	RC Lawe
Généralité			sous-modèle 1	sous-modèle 2	sous-modèle 3	sous-modèle 4
Surface bassin versant	(ha)	40627	4479	15452	18396	2300
Longueur cours d'eau	(m)	81774	7247	41000	24527	9000
Sous-modèles	Nombre	4	3 (Caucourt - Hermin - Rebreuve)	3 (Lawe amont 1 - Bajus - Magnicourt)	Lawe amont 2	3
Logiciel	Source		Infoworks RS	Infoworks RS	Infoworks RS	infoworks CS
	Final		Infoworks RS	Infoworks RS	Infoworks RS	infoworks CS
Calage	Oui/non		non	non	non	non
Aménagement(s)	Nombre totale	9	2	2	0	5
Condition limite amont		-	sous-modèles 4 + module pluie/débit Infoworks	sous-modèles 1 et 4 + module pluie/débit Infoworks	sous-modèle 2 + module pluie/débit Infoworks	module pluie/débit Infoworks
Condition limite aval		Lys canalisée	sous-modèle 2	Manning/Strickler	Lys canalisée	sous-modèle 1
Modèle						
Nombre éléments	Nœuds	1176	163	775	133	105
	Casiers	40	9	16	13	2
	Sous-bassin versants	58	10	29	2	17
	Points d'injection autres que les	0	-	-	-	0
Nombre tronçons "rivers"	Total	78	97	536	80	78
Nombre tronçon autre que "rivers"	Conduites	42	0	16	0	26
	Orifices	79	8	56	8	7
	Pont USBPR	1	0	1	0	0
	Vannes	2	0	2	0	0
	Weir	197	29	118	34	16

Tableau 9 : Fiche technique du bassin versant de la Lawe – modèles hydrauliques : Lawe Amont, Lawe Aval et RC Lawe

➤ **Modèle de la Lawe amont – InfoWorks RS**



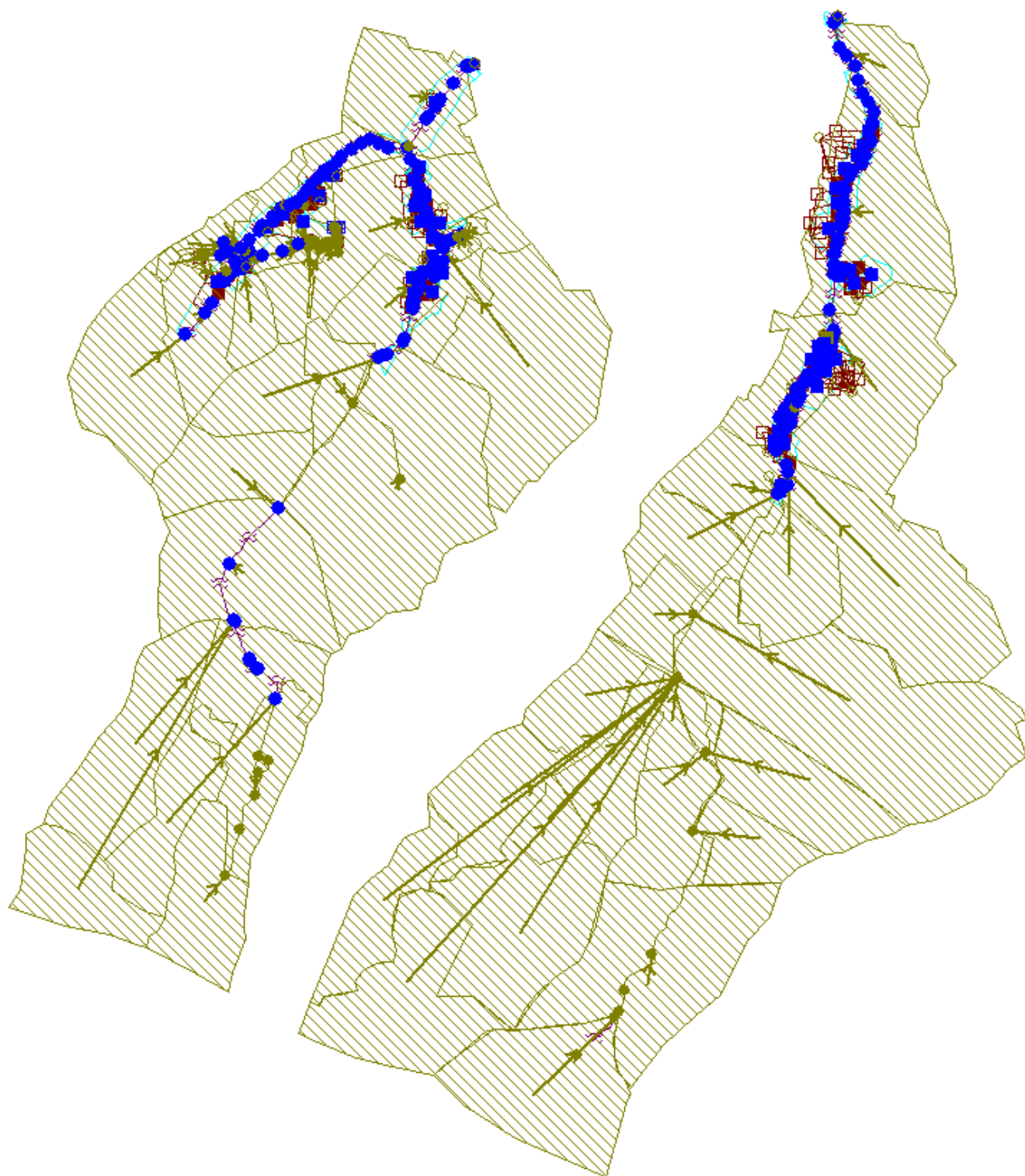
➤ **Modèle de la Lawe aval – InfoWorks RS**



Loisne et Surgeon		
Généralité		
Surface bassin versant	(ha)	7420
Longueur cours d'eau modélisé	(m)	39000
Logiciel	source	Infoworks CS
	final	Infoworks CS
Calage	Oui/non	Oui
	Typologie (homothétique etc...)	Par point de mesure (Loisne); par homothétie (Surgeon)
	Evènement calage (été/hiver)	Calage d'été
	point(s) de calage	
	Origine des mesures	
Aménagement(s)	Nombre total	2
Condition limite amont		module pluie/débit Infoworks
Modèle		
Nombre éléments	Nœuds	361
	Casiers	54
	Sous-bassin versants	63
	Points d'injection autres que les BV élémentaires	1
Nombre tronçons "rivers"	Total	204
Nombre tronçon autre que "rivers"	Conduites	126
	Pompes	2
	Vannes	1
	Weir	113

Tableau 10: Fiche technique de la Loisne et du Surgeon

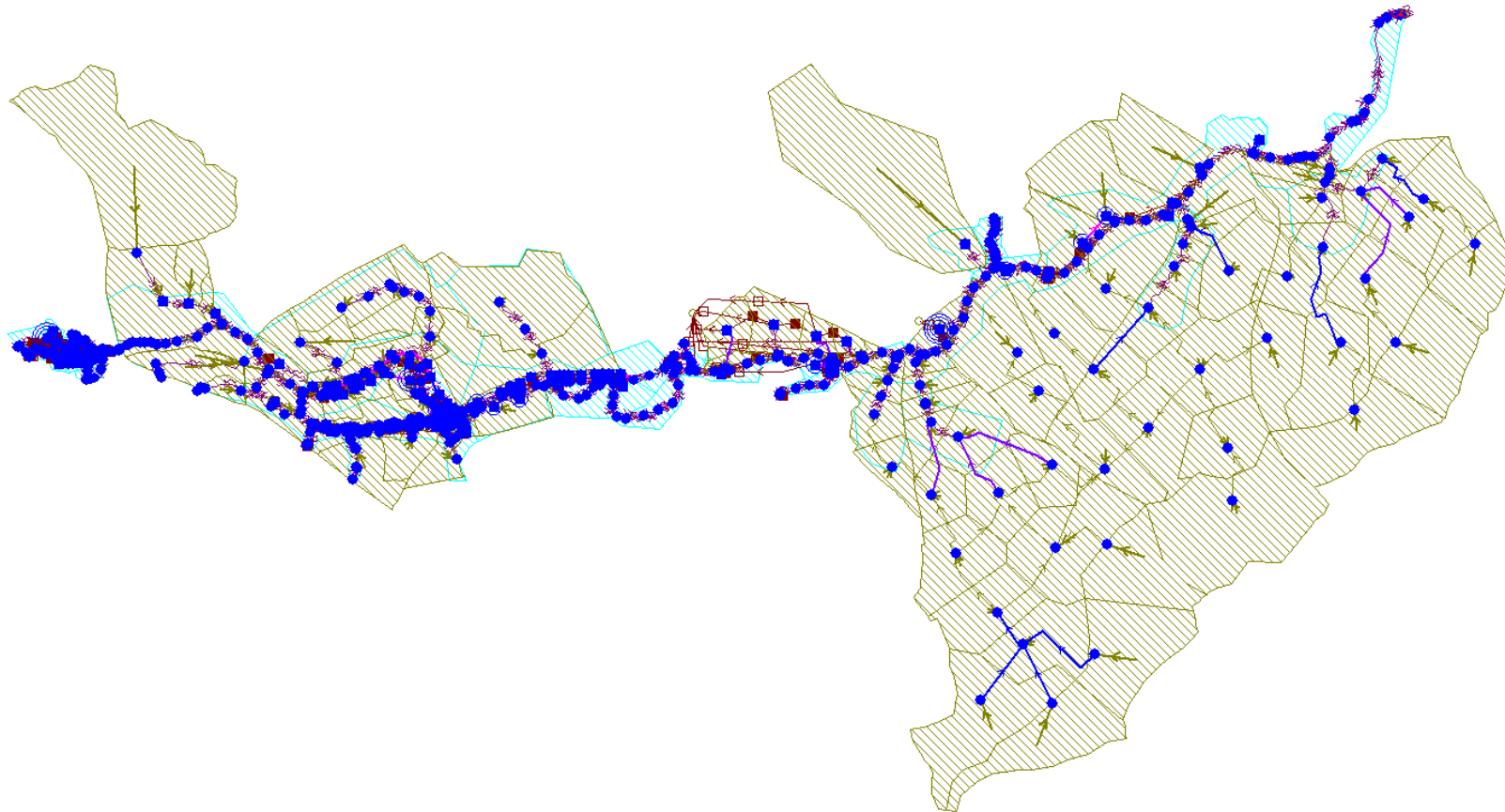
➤ **Modèle de la Loisne et du Surgeon – InfoWorks CS**



Lys canalisée		
Généralité		
Surface bassin versant	(ha)	32000
Longueur cours d'eau	(m)	140000
Sous-modèles	Nombre	0
Logiciel	source	Carima
	final	Infoworks CS
Calage	Oui/non	non
Aménagement(s)	Nombre total	1
Condition limite amont		Apports des affluents de la Lys canalisée
Condition limite aval		Contrainte aval Deul
Modèle		
Nombre éléments	Nœuds	448
	Casiers	89
	Sous-bassin versants	92
	Points d'injection autres que les BV élémentaires	23
Nombre tronçons "rivers"	Total	413
Nombre tronçon autre que "rivers"	Conduites	127
	Orifices	29
	Pompes	1
	Vannes	22
	Weir	143

Tableau 11 : Fiche technique de la Lys canalisée

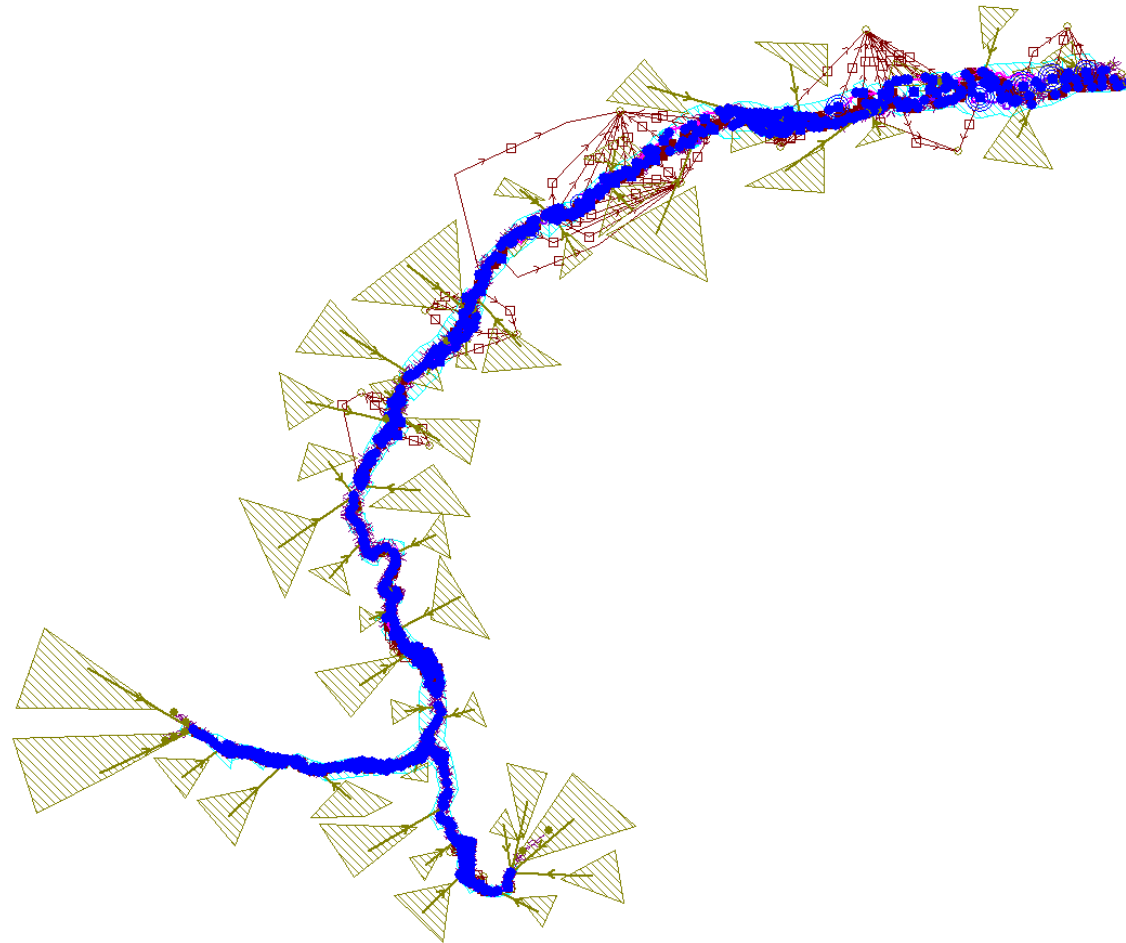
➤ **Modèle de la Lys canalisée – InfoWorks CS**



		Lys	Lys rivière	Liauwette	Fossé de Wandonne	Fossé de Maisnil
Généralité			sous-modèle 1	sous-modèle 2	sous-modèle 3	sous-modèle 4
Surface bassin versant	(ha)	20720	18300	980	240	1200
Longueur cours d'eau modélisé	(m)	74100	63000	5300	1000	4800
Sous-modèles	Nombre	4	-	-	-	-
Logiciel	Source	Infoworks RS	Infoworks RS	Infoworks RS	Infoworks CS	Infoworks CS
	Final	Infoworks CS	Infoworks CS	Infoworks CS	Infoworks CS	Infoworks CS
Calage	Oui/non	oui	oui	oui	non	non
	Typologie (homothétique etc...)	par points de mesure	-	homothétique à la Lys	-	-
	Evènement calage	crue 1999	crue 1999	-	-	-
	Point(s) de calage	2 (Lugy et Delettes)	2 (Lugy et Delettes)	-	-	-
	Origine des mesures	mesures de la banque hydro	mesure de la banque hydro	-	-	-
Aménagement(s)	Nombre totale	12	9	0	1	2
	Nombre entré dans le modèle	10	7	0	1	2
Condition limite amont		-	module pluie/débit Infoworks + sous-modèles 3 et 4	module pluie/débit Infoworks	module pluie/débit Infoworks	module pluie/débit Infoworks
Condition limite aval		Lys canalisée	Lys canalisée	Lys canalisée	Lys rivière	Lys rivière
Modèle						
Nombre éléments	Nœuds	897	777	58	29	33
	Casiers	65	62	0	3	0
	Sous-bassin versants	68	46	6	3	13
	Points d'injection autres que les	35	35	-	-	-
Nombre tronçons "rivers"	Total	650	557	40	26	27
Nombre tronçon autre que "rivers"	Conduites	263	235	21		7
	Orifices	67	64		3	-
	Pompes	0	-	-	-	-
	Vannes	0	-	-	-	-
	Weir	379	359	11	9	-

Tableau 12: Fiche technique du bassin versant de la Lys rivière (modèles : Lys rivière, Liauwette, RC Lys)

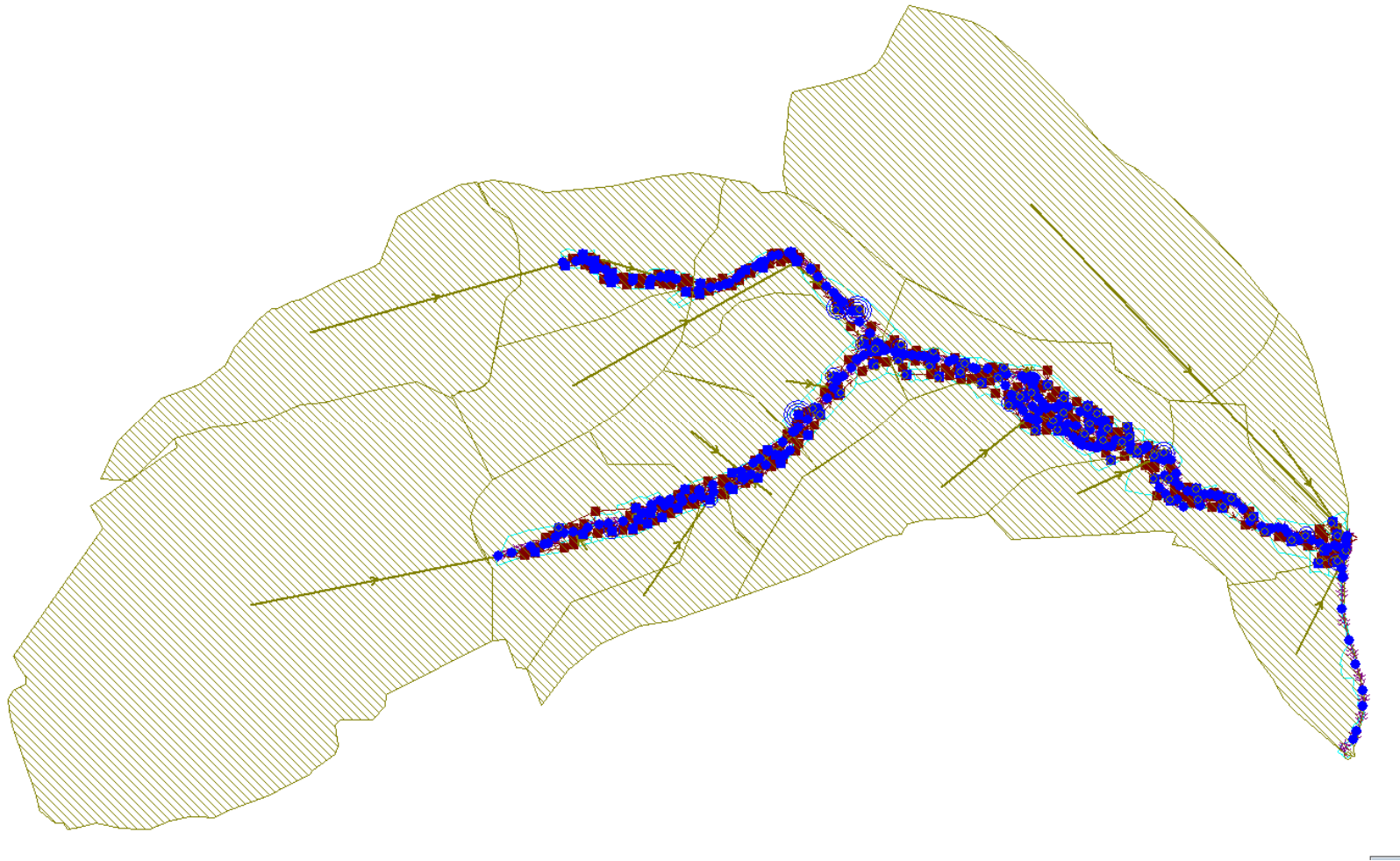
➤ **Modèle de la Lys rivière – InfoWorks CS**



Melde		
Généralité		
Surface bassin versant	(ha)	8200
Longueur cours d'eau	(m)	26100
Sous-modèles	Nombre	0
Logiciel	source	Infoworks RS
	final	Infoworks CS
Calage	Oui/non	non
Aménagement(s)	Nombre total	0
Condition limite amont		module pluie/débit Infoworks
Condition limite aval		Lys canalisée
Modèle		
Nombre éléments	Nœuds	502
	Casiers	99
	Sous-bassin versants	17
	Points d'injection autres que les BV élémentaires	-
Nombre tronçons "rivers"	Tronçons lit mineur	200
	Tronçons lit mineur et lit majeur	82
	Total	282
Nombre tronçon autre que "rivers"	Conduites	36
	Orifices	100
	Pompes	0
	Vannes	0
	Weir	328

Tableau 13: Fiche technique du bassin versant de la Melde

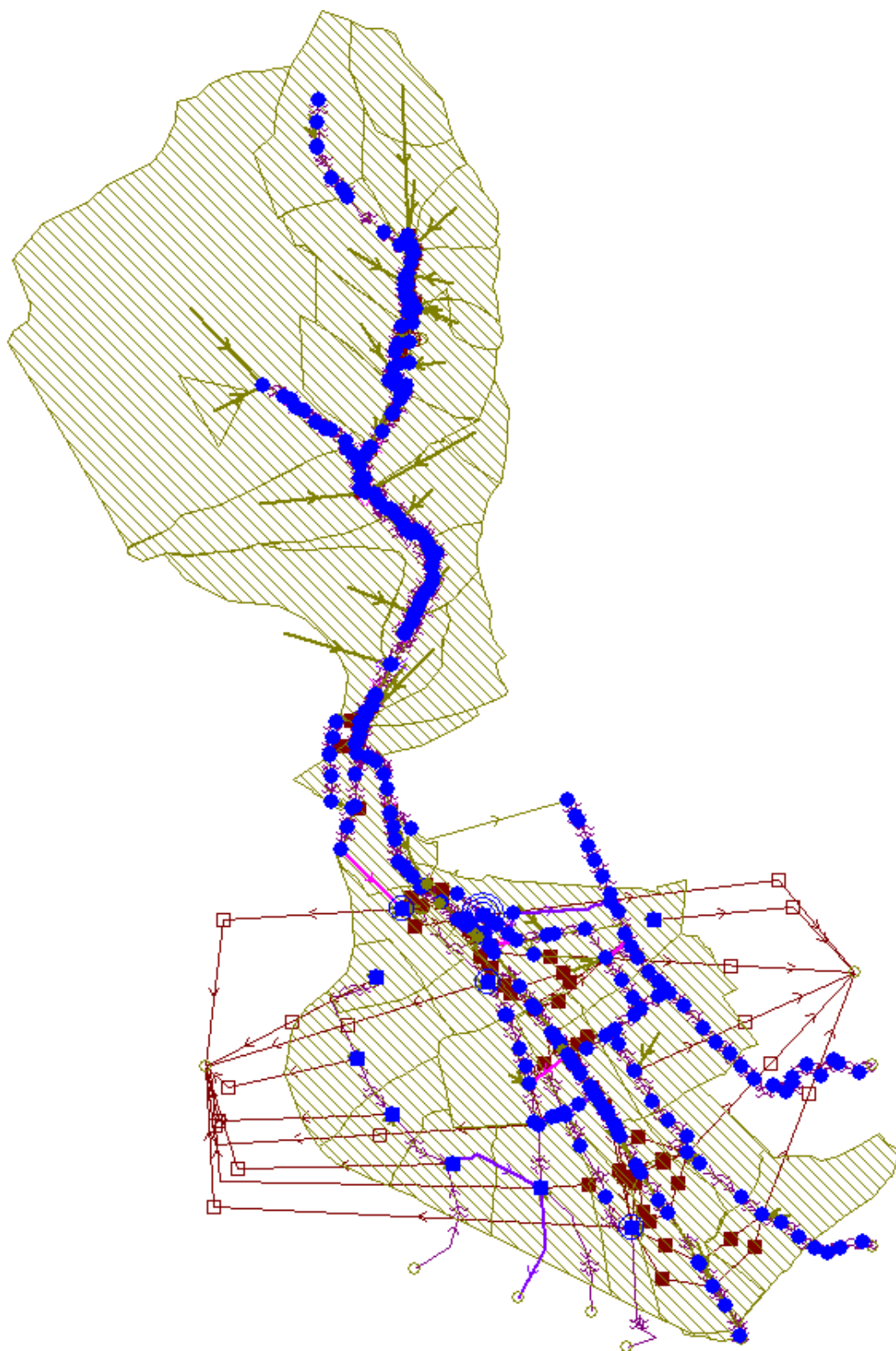
➤ **Modèle de la Melde – InfoWorks CS**



Méteren Beque		
Généralité		
Surface bassin versant	(ha)	6000
Longueur cours d'eau modélisé	(m)	55000
Logiciel	source	Infoworks CS
	final	Infoworks CS
Calage	Oui/non	oui
	Typologie (homothétique etc...)	par points de mesure
	Evènement calage (été/hiver)	Fin Février - Début Mars
	point(s) de calage	Capteur Hauteur/Vitesse au droit de la RD 69a
	Origine des mesures	campagne de mesure du SYMSAGEL
Aménagement(s)	Nombre total	1
	Nombre entré dans le modèle	1
Condition limite amont		module pluie/débit Infoworks
Condition limite aval		Lys canalisée
Modèle		
Nombre éléments	Nœuds	319
	Casiers	11
	Sous-bassin versants	41
	Points d'injection autres que les BV élémentaires	6
Nombre tronçons "rivers"	Tronçons lit mineur	151
	Tronçons lit mineur et lit majeur	93
	Total	244
Nombre tronçon autre que "rivers"	Conduites	71
	Orifices	16
	Pompes	0
	Vannes	0
	Weir	85

Tableau 14: Fiche technique de la Méteren Becque

➤ **Modèle de la Météren Becque – InfoWorks CS**



Chapitre 3 Modifications apportées aux modèles dans le cadre du TRI pour la simulation de l'évènement extrême

Les modèles construits dans le cadre des études antérieures ont été modifiés pour le besoin de l'étude du TRI Béthune-Armentières. Ce chapitre présente les adaptations des différents modèles dans le cadre de la représentation de l'évènement extrême T=1000ans.

3.1 Caractéristiques de la pluie utilisée pour la génération des zones inondables – Pluie de projet extrême

3.1.1 Pluie de projet extrême

Afin de générer des crues d'intensité extrême, une pluie de projet a été élaborée sur la base de la pluie hivernale centennale de référence (utilisée dans l'étude d'inondabilité, 2012), dans InfoWorks Cs et Rs.

L'obtention de cette pluie a été générée par la multiplication de la pluie centennale hivernale de décembre 1999 par le Gradex des pluies, calculé lors de l'étape 3

Cf : p.117 du rapport 3 « Détermination des débits pour l'évènement extrême ».

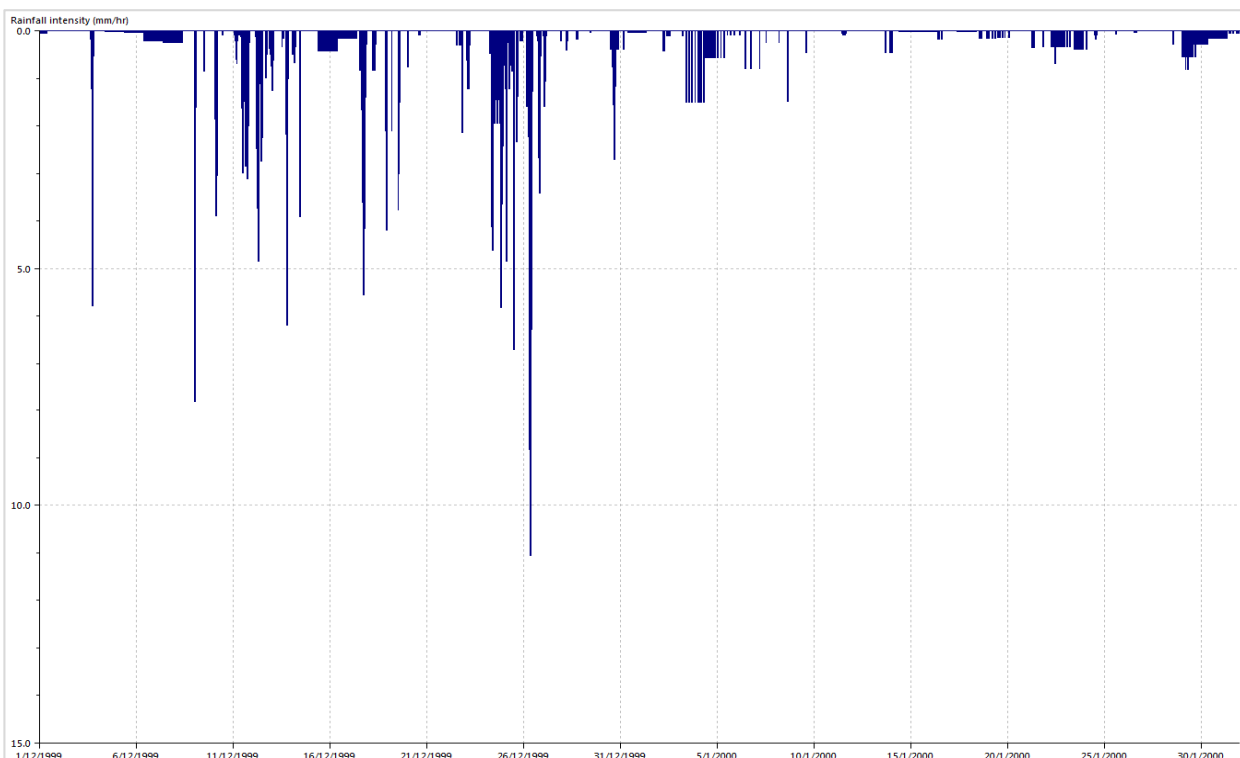


Figure 3 : Pluie hivernale centennale de référence – Décembre 1999

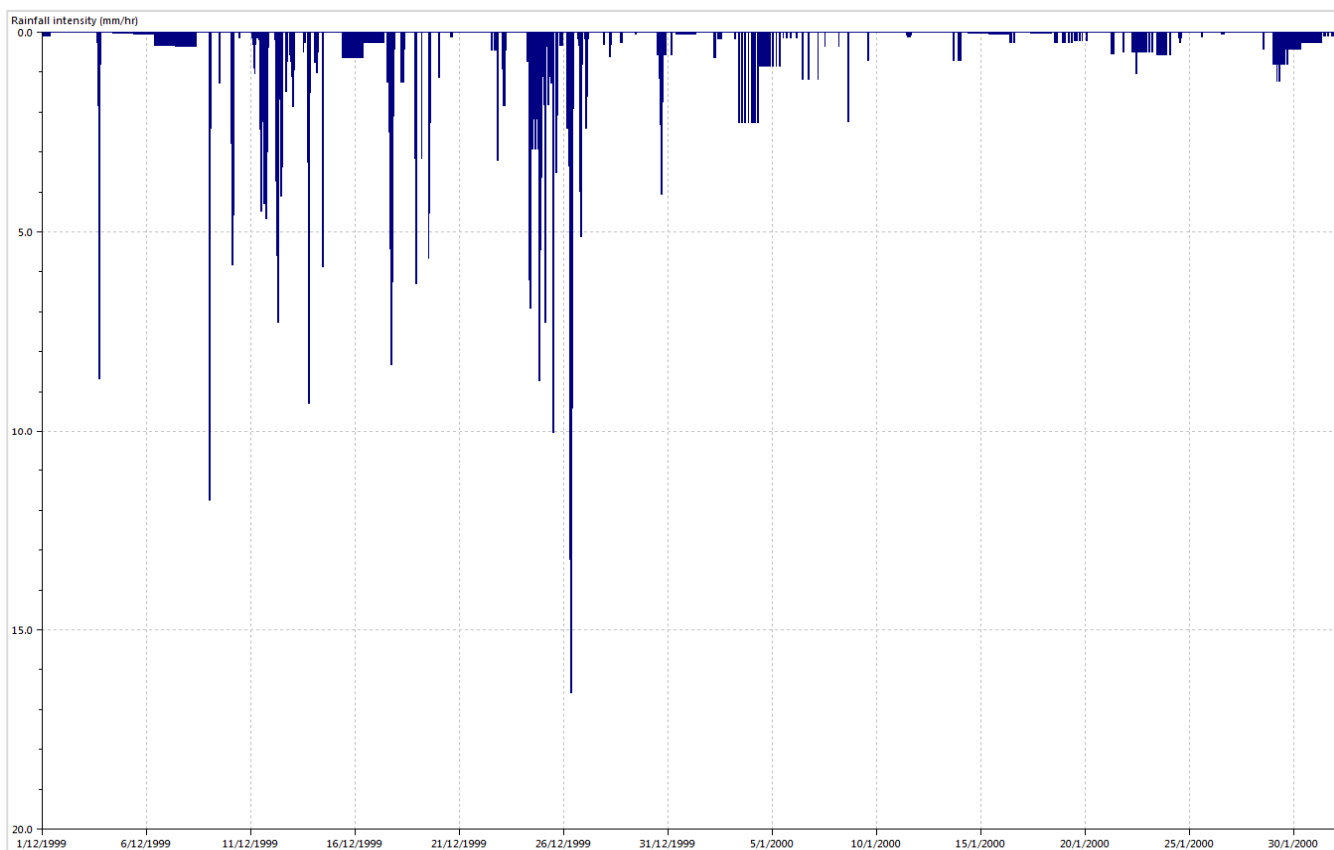


Figure 4 : Caractéristiques de la pluie de projet pour la génération des crues d'intensité extrême

Cette pluie extrême a été injectée uniformément sur tous les bassins versants de la Lys, compte tenu de son caractère hivernal, non orageux.

L'injection de la pluie extrême dans les différents modèles hydrauliques va engendrer une augmentation importante des apports en provenance des sous-bassins versants de chaque modèle.

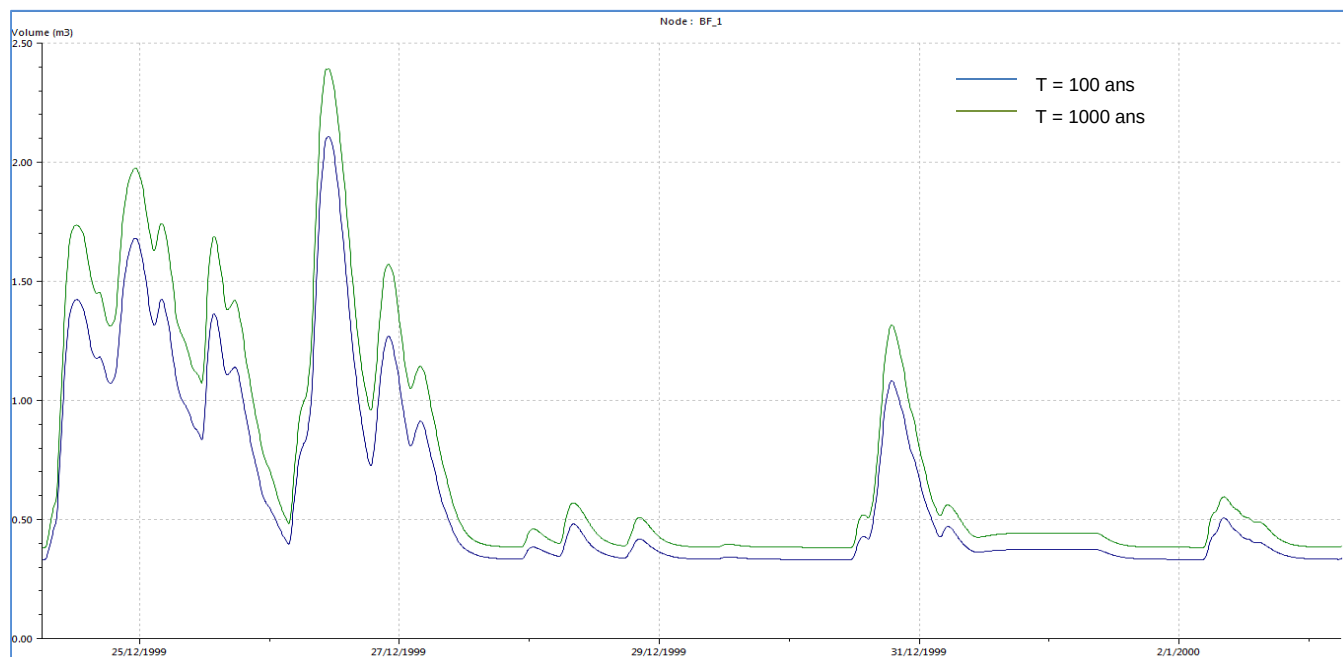


Figure 5 : Comparaison des apports pour le sous-bassin BF (à l'amont du modèle) de la Météren Becque pour T = 100 ans et T=1000 ans

3.1.2 Les apports de nappe

Pour simuler les conditions extrêmes les plus défavorables, les apports de nappe représentés dans InfoWorks Cs et Rs comme des apports constants de nappes (« injections »), ont également été multipliés par le Gradex des débits.

Injections pour T = 100ans

Time	MT_155 (m3/s)	MT_188 (m3/s)	MT_121 AV (m3/s)	MT_47 (m3/s)	BF_1 (m3/s)	MT_180 AV (m3/s)
SUB-EVENT 1						
24-12-1999 at 00:00	0.050000	0.250000	0.025000	0.050000	0.050000	0.050000
19-10-2000 at 00:00	0.050000	0.250000	0.025000	0.050000	0.050000	0.050000

Injections pour T = 1000ans

Time	MT_155 (m3/s)	MT_188 (m3/s)	MT_121 AV (m3/s)	MT_47 (m3/s)	BF_1 (m3/s)	MT_180 AV (m3/s)
SUB-EVENT 1						
24-12-1999 at 00:00	0.075000	0.375000	0.037500	0.075000	0.075000	0.075000
19-10-2000 at 00:00	0.075000	0.375000	0.037500	0.075000	0.075000	0.075000

Figure 6 : Comparaison des injections pour le modèle de la Météren Becque pour T = 100 ans et T = 1000 ans en situation hivernale – InfoWorks Cs

3.2 Simulations de l'évènement extrême sur InfoWorks Cs et Rs

La complexité du système hydraulique de la Lys exige de faire tourner dans un premier temps chaque simulation des modèles individuellement puis de réaliser des « allers-retours » entre les différents modèles pour prendre en compte les apports amonts ainsi que les contraintes aval imposées.

3.2.1 Simulations individuelles des modèles hydrauliques des affluents de la Lys

La première phase de la modélisation hydraulique dans le cadre du TRI de Béthune-Armentières consiste à injecter :

- La pluie extrême,
- Les apports de nappes extrêmes

La contrainte aval imposée par la Lys canalisée pour tous ses différents affluents étant encore inconnue dans la première simulation, il est pris comme hypothèse de base la contrainte aval obtenue pour T = 100ans à l'aval de chaque modèle.

Les premières simulations des affluents permettent d'obtenir des débits avals qui vont être injectés dans le modèle hydraulique de la Lys canalisée. En effet, la majeure partie des apports de la Lys canalisée proviennent de ses affluents.

3.2.2 Les interactions entre les modèles hydrauliques

3.2.2.1 Interfaces entre les modèles hydrauliques

Le système hydrographique complexe du bassin versant de la Lys a donc été décomposé en 14 modèles hydrauliques qui coïncident pour la plupart avec les bassins versant.

Il est possible de distinguer quatre niveaux d'interface des modèles. Si l'on considère la « Lys canalisée » au Niveau 0, les affluents directs comme la « Lys rivière », la « Laquette », etc... appartiennent au niveau 1, alors que les modèles amont comme les « retenues collinaires de la Lys », le « Grand Nocq » et le modèle de la « Lawe amont » au niveau 2. En revanche, le quatrième niveau concerne le modèle de la « Clarence amont » avec ses affluents et les « retenues collinaires de la Lawe ».

Toutefois, la « Clarence amont », bien qu'elle soit de niveau 3 par rapport à la « Clarence Aval », est au niveau 2 vis-à-vis du modèle « Guarnecque-Busnes et Demingue ».

La hiérarchisation des modèles est schématisée sur la figure suivante :

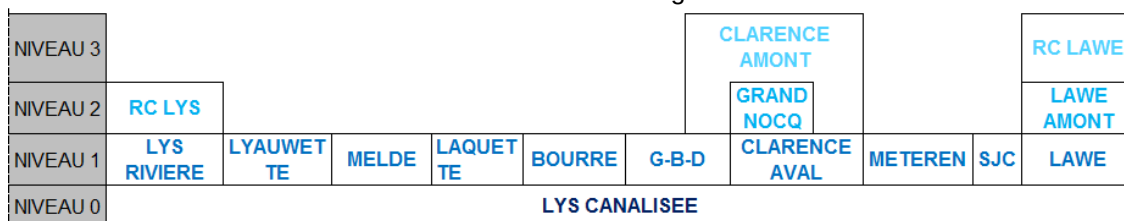


Figure 7 : Les niveaux d'interface des modèles hydrauliques sur le territoire du SYMSAGEL

3.2.2.2 Condition limite amont et aval

Les différents niveaux des modèles se traduisent dans le cadre de la modélisation hydraulique par l'application de conditions limite amont et aval.

En général, un modèle hydraulique de niveau « n » subit une condition amont issue du modèle « n+1 » et une condition aval extraite du modèle « n-1 ». Par exemple le modèle du « Guarbecque-Busnes et Demingue » de niveau 1 reçoit des hydrogrammes d'alimentation depuis le modèle de la « Clarence amont » de niveau 2 comme condition limite amont et subit comme condition limite aval la contrainte de la Lys canalisée de niveau 0.

En parallèle, le même modèle « G-B-D » impose une condition limite amont pour la Lys canalisée (hydrogramme) et une contrainte aval à la « Clarence Amont ».

La figure ci-après synthétise toutes les interfaces hydrauliques à prendre en compte entre les différents modèles. Les flèches rouges représentent les conditions limite amont, c'est-à-dire les hydrogrammes extraits à l'exutoire du modèle de niveau « n+1 » et appliqués comme input au modèle de niveau « n ». En revanche, les flèches bleues indiquent la condition limite aval qu'il faut appliquer au modèle de niveau « n » et issue du modèle « n-1 ».

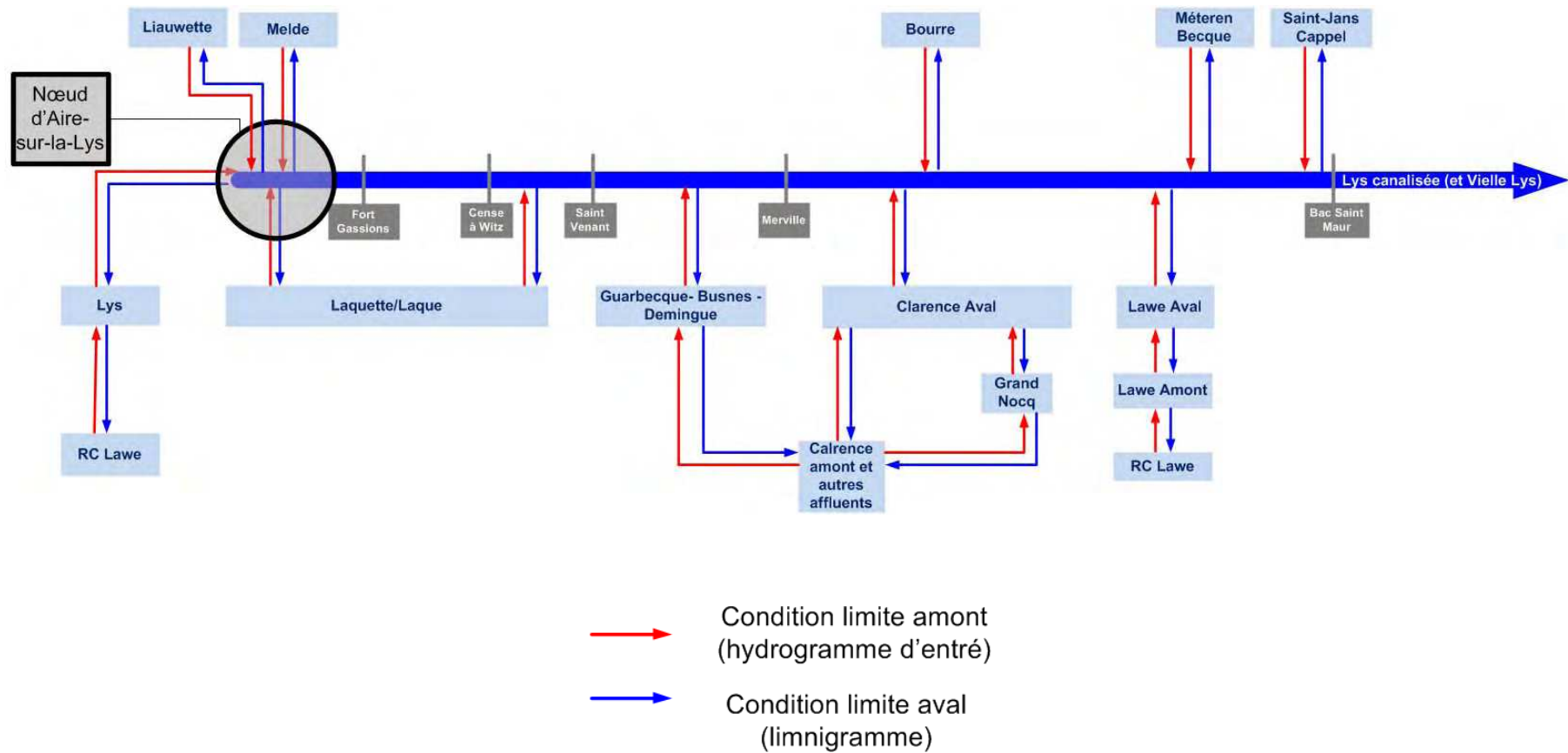


Figure 8 : Conditions limite amont et aval des modèles hydrauliques sur le territoire du TRI

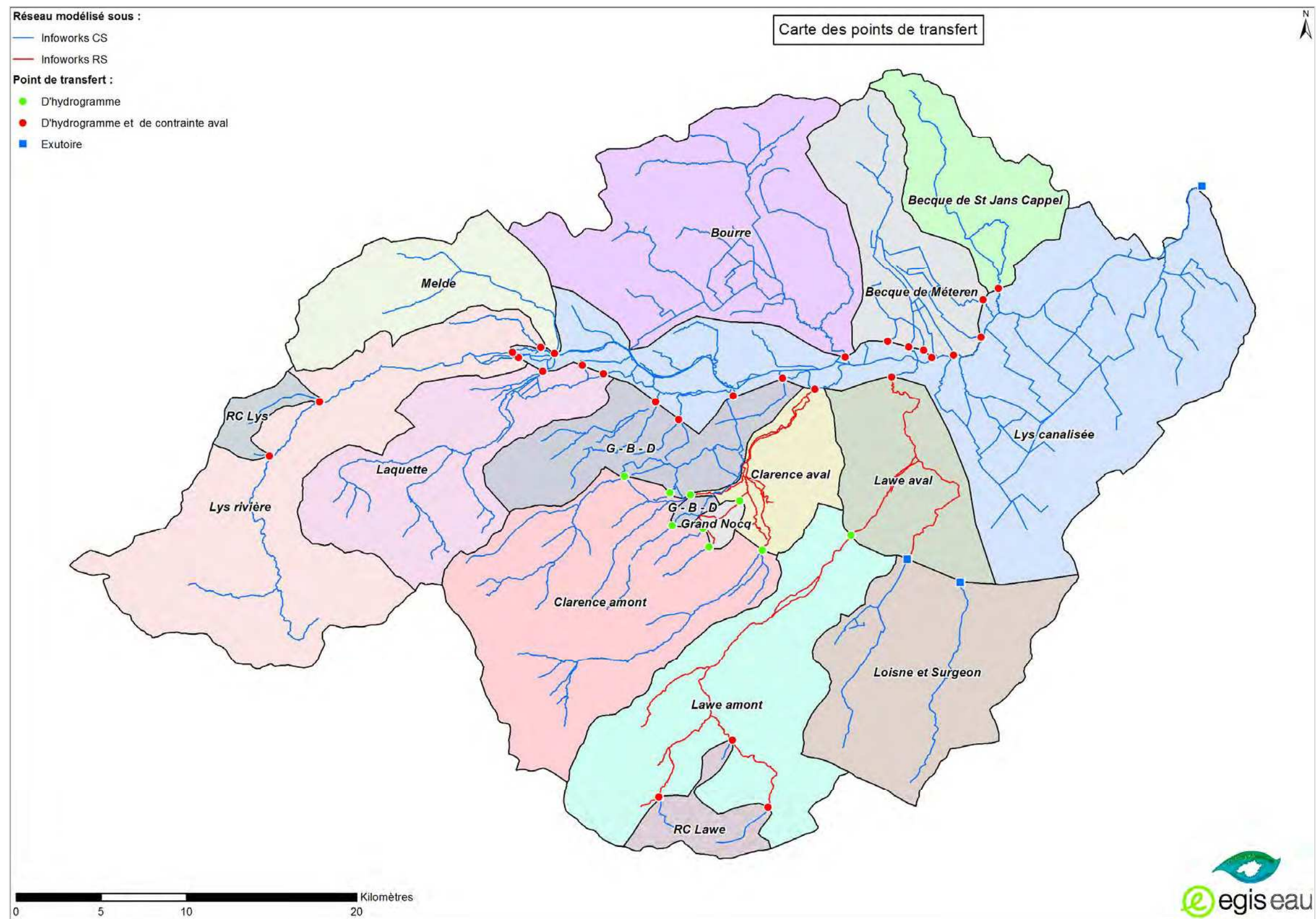


Figure 9 : Les points de transfert – condition limite amont et aval

3.2.2.3 Itérations

La Lys canalisée exerce une condition limite aval forte sur ses affluents.

Plusieurs itérations ont été réalisées afin d'atteindre la convergence du système entre les différents modèles hydrauliques de niveau 1 et la Lys canalisée.

L'influence géographique de la contrainte aval sur les modèles est visible sur la page suivante (cadre bleu). Le synoptique ne détaille pas le nombre d'exutoires de chacun des modèles hydrauliques auxquels les contraintes aval sont appliquées. En principe, chaque modèle présente une seule sortie, à l'exception des modèles suivants :

- Le modèle « G-B-D » compte 4 exutoires ;
- Le modèle « Laquette » compte 3 exutoires (un pour la Laquette et deux pour la Laque) ;
- Le modèle « Lys rivière » compte 3 exutoires (la Lys, la Petite Lys et le Bruvau) ;
- Le modèle « Méteren Becque » 7 exutoires.

Par hypothèse, la limite de convergence a été fixée à 10 cm entre l'itération « n » et l'itération « n-1 ».

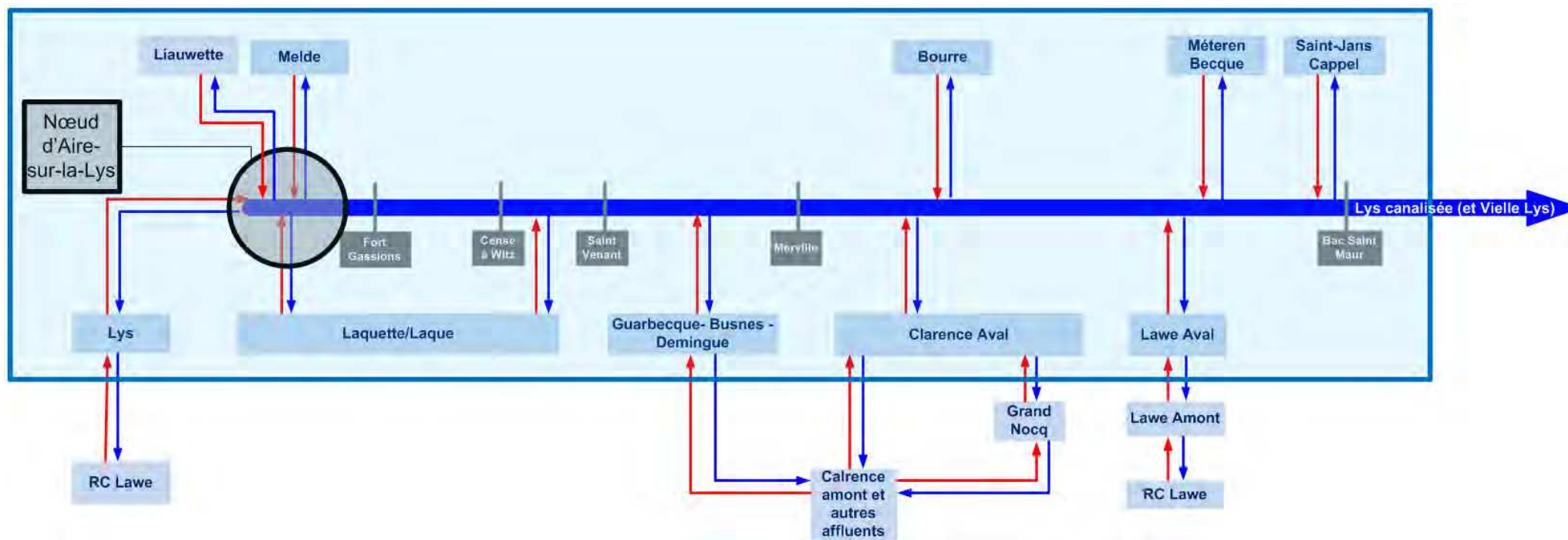


Figure 10 : Les modèles hydrauliques concernés par les itérations

3.3 Vérification de la capacité hydraulique des casiers hydrauliques

L'étape suivant la modélisation hydraulique est la vérification des capacités hydrauliques des casiers hydrauliques pour chaque modèle.

Les casiers hydrauliques représentent les champs d'expansion de crues qui se remplissent les uns après les autres en fonction des débordements des cours d'eau.

Chaque casier hydraulique dans InfoWorks Cs et InfoWorks Rs est défini par une loi : hauteur / surface en fonction de la topographie des sites.

Level (m AD)	Plan Area (m2)
16.1	30.3
16.2	244.8
16.3	865.1
16.4	1988.1
16.5	3548.4
16.6	5461.4
16.7	7460.9
16.8	9413.8
16.9	11318.4
17	13466.5
17.1	16116.7
17.2	19797.9
17.3	28348.4
17.4	55932.7
17.5	146190.1
17.6	326727.8
17.7	556168.1
17.8	746852.6
17.9	848016
18	892852.8
18.1	908356.2
18.2	913495.4
18.3	914629.4
18.4	915184.8
18.5	915282.9
18.6	915353.5
18.7	915411.6
18.8	915473.6
18.9	915537.4
19	915599.5

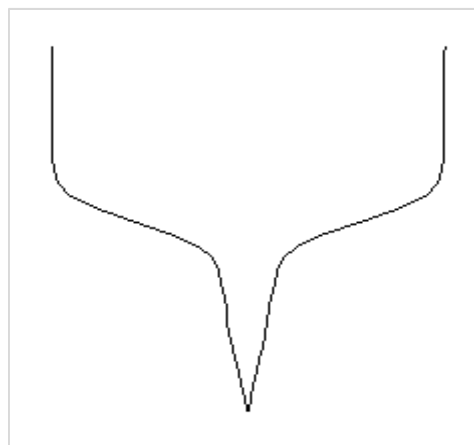


Figure 11 : Loi hauteur/surface pour le casier hydraulique BOR_Hazebrouck_6-2-RG sur la Bourre

Pour représenter au mieux les inondations pour un événement extrême, il a été nécessaire d'étendre (lorsque la topographie le permettait) ou de créer d'autre casier hydraulique lorsque le premier était saturé.

Les modèles concernés par cette modification sont :

- La Lawe aval (modèle Rs),
- La Lys canalisée (modèle Cs),
- La Clarence aval (modèle Rs),
- Le Guarbecq – modèle appelé G-B-D (modèle Cs).

A noter : Les modèles qui ont nécessité une extension et/ou une création des casiers hydrauliques sont tous localisés dans la plaine de la Lys.

3.4 Résultats des simulations hydrauliques : génération des débits extrêmes

Le tableau suivant présente les débits extrêmes maximaux obtenus au droit des différents affluents de la Lys ainsi que de la Lys canalisée sur le TRI Béthune-Armentières.

Modèle hydraulique	Débits (m3/s) pour l'évènement extrême T = 1000 ans	Débits de pointe (m3/s) pour T = 100 ans
Lys rivière	39,2 m ³ /s	27,44 m ³ /s
Météren	14,2 m ³ /s	9,71 m ³ /s
Bourre	17,2 m ³ /s	13,13 m ³ /s
Clarence amont	8,2 m ³ /s	4,75 m ³ /s
Laquette	9,3 m ³ /s	7,90 m ³ /s
Loisne-Surgeon	Loisne : 4,6 m ³ /s / Surgeon : 3,2 m ³ /s	Loisne : 2,80 m ³ /s / Surgeon : 2,10 m ³ /s
Melde	11,1 m ³ /s	7,45 m ³
Guarbecque (G-B-D)	4,5 m ³ /s	2,40 m ³ /s
Saint Jans Cappel	8,4 m ³ /s	5,40 m ³ /s
Clarence aval	53,5 m ³ /s	25,21 m ³ /s
Lawe	25,51 m ³ /s	24,7 m ³ /s
Lys canalisée	82,7 m ³ /s	71,1 m ³ /s

Tableau 15 : Comparaison des débits extrêmes avec les débits pour T = 100 ans sur le TRI Béthune-Armentières

A noter : Les débits maximaux extrêmes ne sont pas forcément observés à l'aval des modèles hydrauliques en raison des phénomènes d'écrtèments recensés au droit des zones inondables. Le cas le plus marquant est celui du Guarbecque dont la majorité des volumes débordent et sont répartis dans les zones inondables en amont, d'où un débit relativement faible même pour l'évènement extrême à l'aval.

Dans ce cadre, il a été observé une très forte remontée des eaux depuis l'exutoire avec la Lys canalisée pour les modèles de la Bourre et de la Melde, provoquée par la contrainte aval de la Lys canalisée. Cela explique les importantes zones inondables observées.

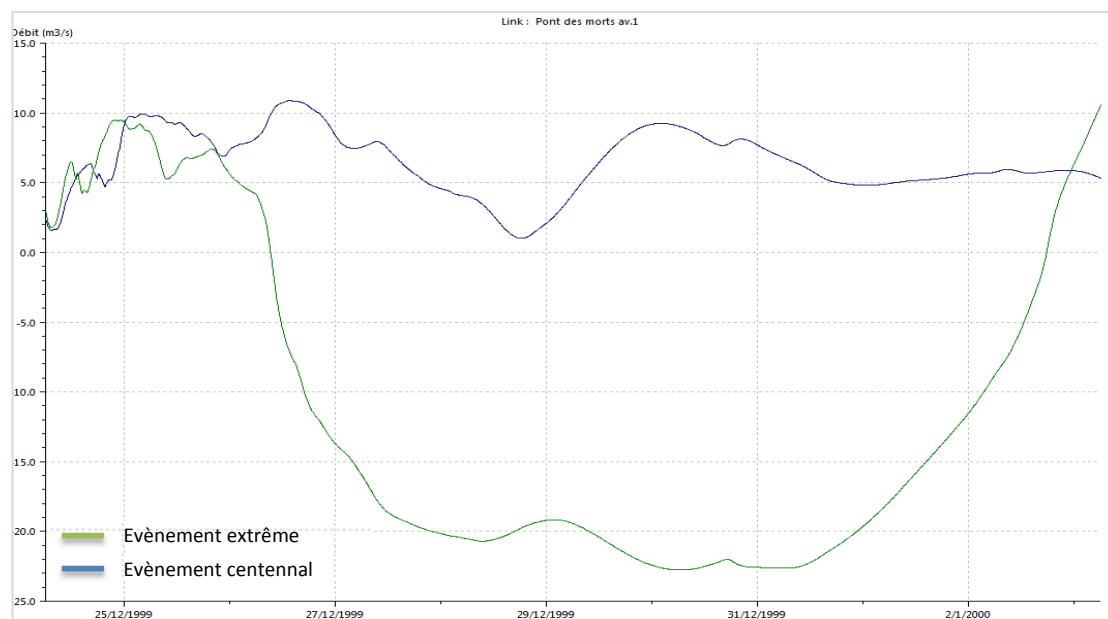


Figure 12 : Remontée des eaux au droit de la Bourre en situation extrême

La figure ci-après positionne les secteurs des différents modèles pour lesquels les débits maximaux ont été recensés.

Néanmoins, outre les débits extrêmes (qui subissent un phénomène d'écroulement), l'élément le plus révélateur explicitant l'étendue des zones inondables pour l'événement extrême est le volume généré à l'aval de chaque modèle hydraulique.

Modèle hydraulique	Volume généré pour l'événement extrême	Volume généré pour T = 100 ans
Lys rivière	7 065 042 m3	6 429 426 m3
Météren	2 374 906 m3	1 714 167 m3
Bourre	9 749 776 m3	5 554 133 m3
Clarence amont	2 345 878 m3	1 660 007 m3
Laquette	3 949 942 m3/s	2 768 568 m3
Loisne-Surgeon	Loisne : 822 869 m3	Loisne : 223 224 m3
	Surgeon : 640 812 m3	Surgeon : 201 722 m3
Melde	2 254 325 m3	1 967 191 m3
Guarbecque (G-B-D)*	1 496 206 m3	1 018 703 m3
Saint Jans Cappel	1 569 935 m3	953 067 m3
Clarence aval	4 362 458 m3	2 531 681 m3
Lawe	9 464 499 m3	7 869 692 m3
Lys canalisée	54 19 498 m3	49 617 287 m3

* Au droit de l'exutoire avec la Demingue

Tableau 16 : Volumes extrêmes obtenus sur le TRI Béthune-Armentières



Figure 13 : Localisation des points de mesures des débits extrêmes

Chapitre 4 Représentation de l'aléa inondation sur le TRI Béthune-Armentières

Les cartes de l'aléa d'inondation pour l'évènement extrême sur le TRI Béthune-Armentières représentent des zones où il existe un risque d'inondation, même aux endroits où aucune inondation n'est historiquement connue. Inversement, l'absence d'une zone d'aléa sur la carte ne peut garantir qu'une inondation ne s'y produira jamais ou ne s'y est jamais produite.

Les cartes produites ne concernent pas les inondations trouvant leur origine dans les dysfonctionnements des réseaux d'assainissement par exemple, de la remontée de nappe phréatique ou de phénomènes apparentés. Cette étude traite exclusivement des problèmes d'inondations trouvant leur origine dans le débordement de cours d'eau.

4.1 Méthode de l'Inondabilité sur InfoWorks CS ou RS

La représentation de l'aléa inondation sur le TRI Béthune-Armentières est réalisée par la méthode de l'Inondabilité sur InfoWorks CS et RS.

4.1.1 Le module d'inondabilité

La construction de l'inondabilité pour l'évènement extrême sur InfoWorks CS ou RS est possible grâce à deux objets du modèle :

- Point d'inondabilité ;
- Casier d'inondabilité.

Les points d'inondabilité sont associés aux nœuds hydrauliques. Ils permettent de transférer l'information de hauteur d'eau associée à chacun des nœuds au modèle d'inondabilité. Le niveau d'eau est ensuite comparé au terrain naturel afin de déterminer l'enveloppe inondable dans le casier d'inondabilité.

Le casier d'inondabilité délimite l'emprise de calcul de la hauteur d'eau. Il est possible de distinguer deux catégories en fonction de la méthode de calcul :

- Les casiers d'inondabilité TIN qui utilisent la méthode d'interpolation triangulaire ;
- Les casiers d'inondabilité IDW qui appliquent une méthode proportionnelle à l'inverse de la distance.

Chaque casier est entré sur Infoworks CS ou RS par un polygone. La surface en eau est déterminée à partir des informations associées aux points d'inondabilité qui sont localisés à l'intérieur du casier.

Le casier d'inondabilité TIN doit inclure au moins trois points d'inondabilité pour l'application de la méthode d'interpolation triangulaire. Suite à la triangulation des points, la hauteur d'eau est calculée et extrapolée par interpolation linéaire. La figure ci-dessous représente un point A et quatre points d'inondabilité. La hauteur d'eau en A est déterminée à partir des niveaux d'eau des points 1,2 et 3 qui constituent les sommets du triangle autour du point A. Le niveau d'eau du point 4 n'intervient pas dans le calcul.

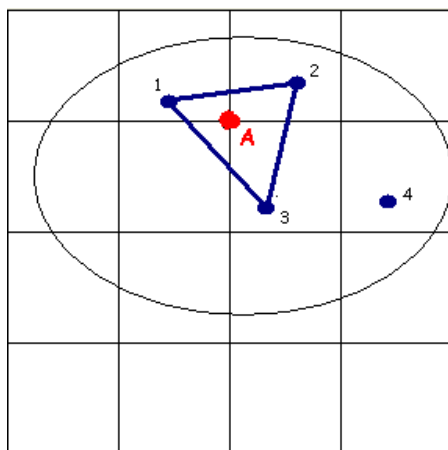
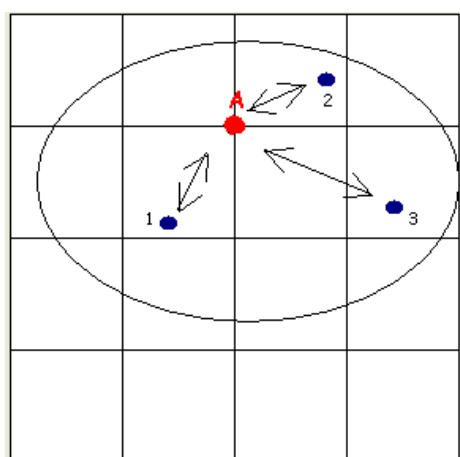


Figure 14 : La Méthode TIN

L'« IDW Flood Compartement » nécessite d'au moins un point d'inondabilité. Si le « Flood Compartement » inclue qu'un seul point, le niveau d'eau associé à ce point est appliqué à tout le polygone. En revanche, en présence de plusieurs « Flood Points », la hauteur d'eau de chaque point du polygone est une moyenne de la hauteur d'eau pondérée à l'inverse de la distance de chaque point par rapport aux « Flood points ».



$$h_A = \frac{\frac{h_1}{d_1} + \frac{h_2}{d_2} + \frac{h_3}{d_3}}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_3}}$$

h_A => hauteur d'eau en A

h_x => hauteur d'eau au point d'inondabilité x (où x=1,2,3)

d_x => distance du point A au point d'inondabilité x (où x=1,2,3).

Figure 15 : La Méthode IDW

Afin d'afficher l'inondabilité sur Infoworks il faut avoir chargé dans le modèle le « Ground Model » de la zone d'étude en format TIN (renvoi au fascicule 3, paragraphe 3.1).

Le TIN est le principal support pour la création de l'inondabilité.



Figure 16 : Le TIN – modèle numérique de terrain

Une fois le TIN chargé sur le modèle, il est possible de connaître le niveau du terrain naturel (en m NGF) pour chaque point. Par exemple, sur la figure ci-dessus, le niveau du terrain au droit du curseur s'élève à 90,7 m NGF (en bas au centre). Il est aussi possible de tracer des profils altimétriques.

4.1.2 La construction de l'inondabilité

Le synoptique de la figure ci-après synthétise les différentes étapes à effectuer pour la création des emprises inondables. Le synoptique est à l'échelle de chaque modèle hydraulique.

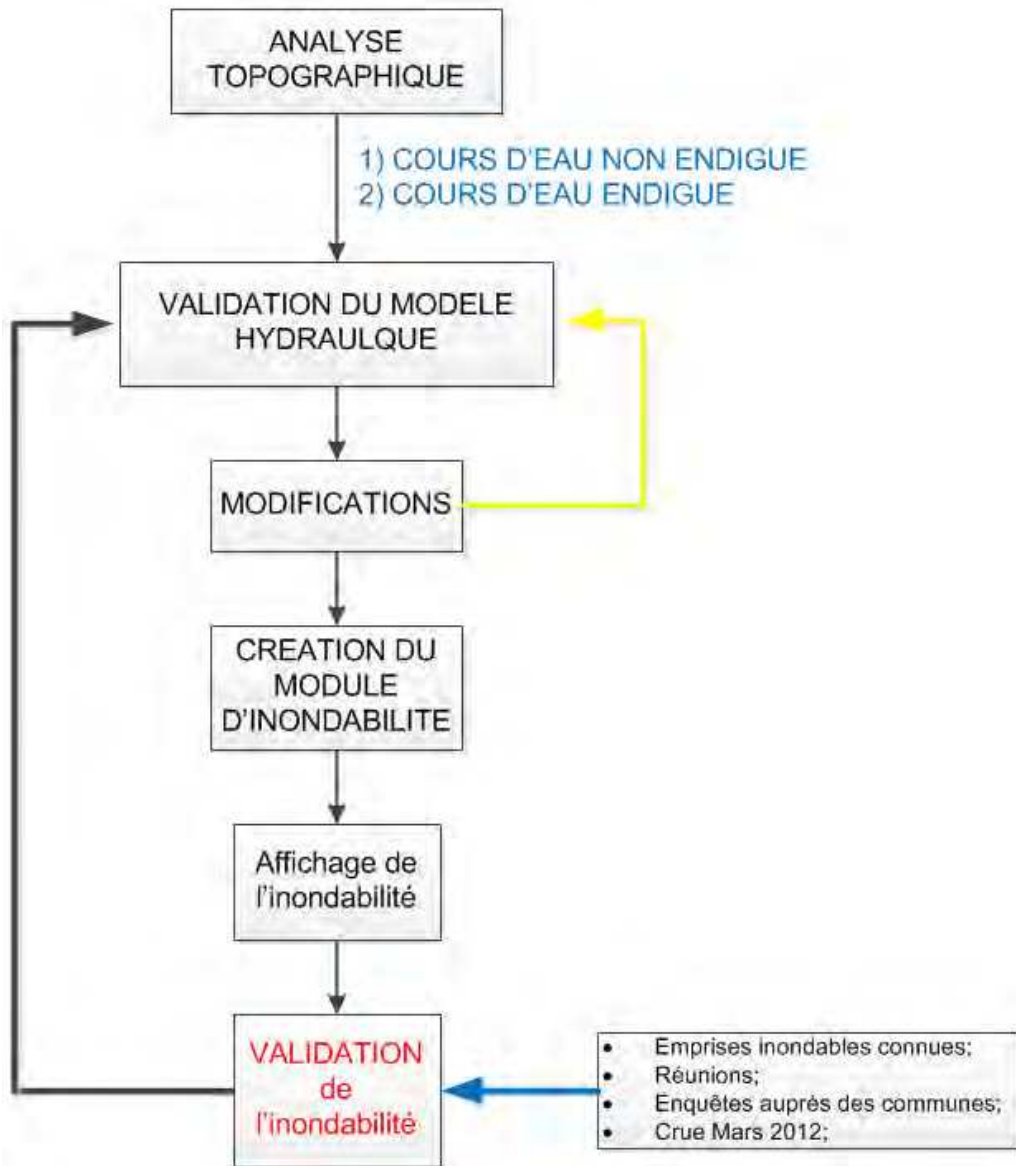


Figure 17 : Synoptique de la méthode pour la construction de l'inondabilité

4.1.2.1 Analyse topographique

L'emprise des casiers d'inondabilité dépend de la topographie du territoire.

En général, pour les zones vallonnées, typiques de l'amont des bassins versants, où le lit majeur converge linéairement vers le lit mineur comme reporté sur la figure suivante, les limites des casiers coïncident avec les limites du lit majeur.

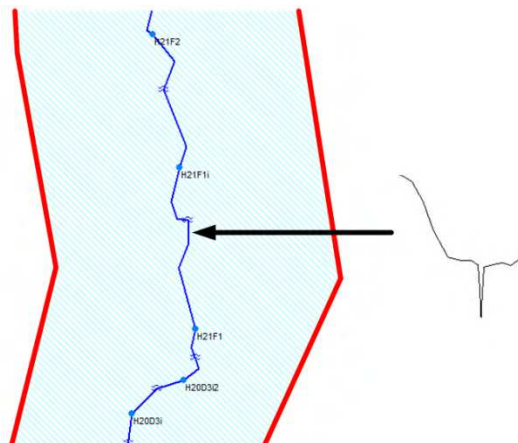


Figure 18 : Casier d'inondabilité pour cours d'eau non endigué

En revanche, un cours d'eau endigué caractérisé par le profil en travers reporté sur la figure suivante est délimité par un casier autour du lit mineur et par un deuxième autour du lit majeur. La limite des casiers se situe au droit de la digue du cours d'eau. À préciser que l'écoulement des débordements en rive droite ou gauche du cours d'eau doit être modélisé.

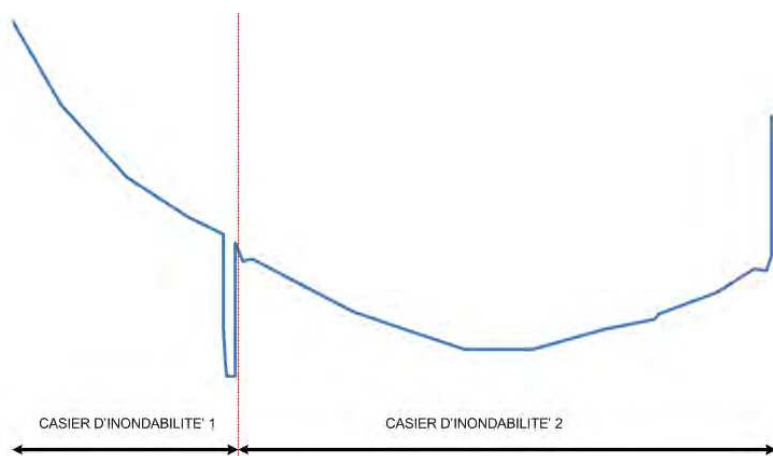


Figure 19 : Casier d'inondabilité pour cours d'eau endigué

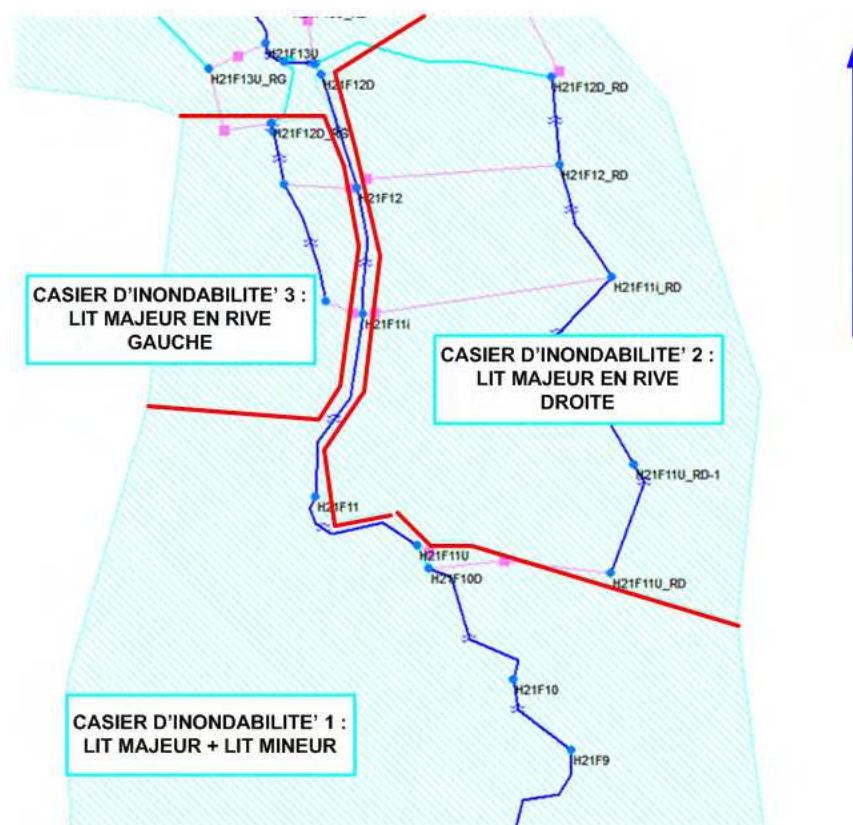


Figure 20 : Exemple : représentation des différentes topographies de territoire

4.1.2.2 Validation du modèle récupéré et modifications

A la base d'une bonne description des zones inondables, il y a un modèle hydraulique qui représente au mieux la topographie du bassin versant.

Les modèles hydrauliques à la base de cette étude ont été créés pour évaluer la faisabilité et l'efficacité des aménagements pour la réduction du risque d'inondation. Ainsi, il se trouve que parfois le modèle hydraulique récupéré ne soit pas assez fin.

Il se peut que :

- Pour des cours d'eau non endigués le lit majeur n'ait pas été spécifié dans les profils en travers ;
- Pour des cours d'eau endigués les débordements en rive droite ou gauche ne soient pas modélisés ;
- La hauteur des seuils de déversement ne soit pas cohérente avec le TIN ;
- Absence de plusieurs ouvrages hydrauliques ;
- Absence de surverses.

Des modifications à apporter au modèle initial sont donc indispensables.

4.1.2.3 Validation de l'inondabilité en terme de représentation de la hauteur d'eau

Infoworks CS ou RS, dispose d'outils qui permettent de tracer profils associés à la ligne d'eau. C'est une méthode directe et rapide de validation par visualisation.

En général, la ligne d'eau ne doit pas présenter des marches et dans le cas d'un profil longitudinal doit présenter une pente motrice, dans le cas d'absence d'obstacle qui vont retenir l'eau à l'amont.

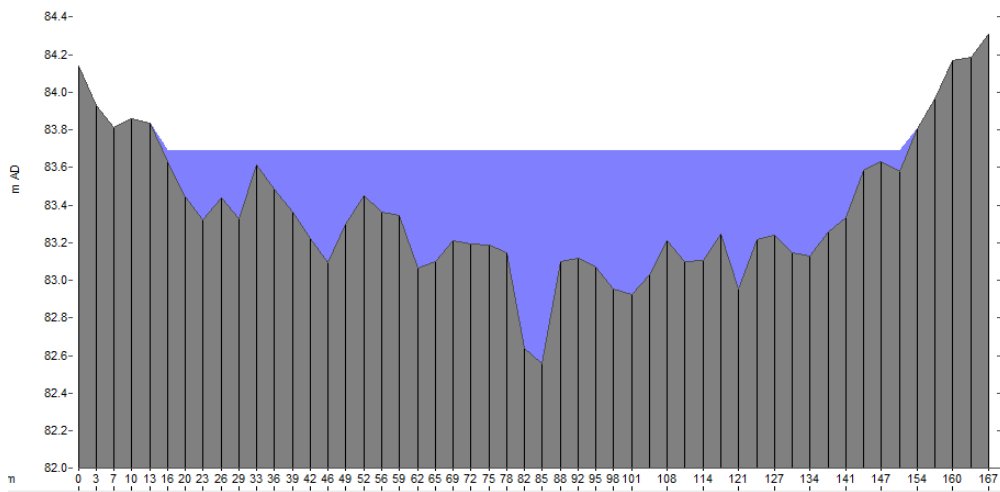


Figure 21 : Profil transversal tracé sur Infoworks – ligne d'eau

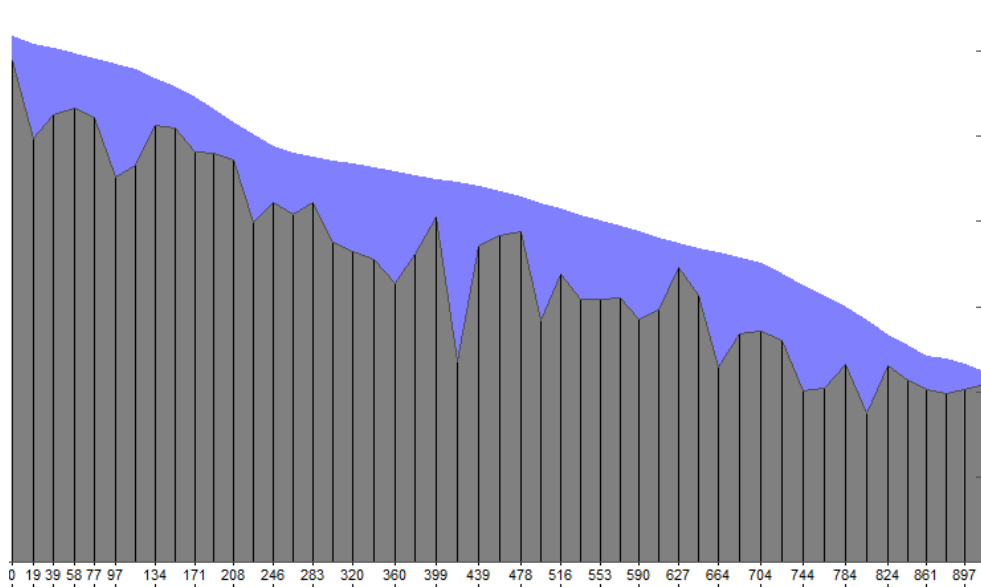


Figure 22 : Profil longitudinal tracé sur Infoworks– ligne d'eau

4.2 Cartographie de l'aléa inondation

4.2.1 Données d'entrée pour la cartographie

La cartographie de l'aléa sur le territoire du Symsagel repose sur trois entrants principaux : le LIDAR, les bases de données cartographiques fournies par la PPIGE et, bien entendu, les modèles hydrauliques.

4.2.1.1 LIDAR

Le LIDAR est une des données d'entrée de base de cette étude de définition des zones inondables. Même si elle n'apparaît pas directement sur les représentations graphiques, cette donnée topographique est un des fondements de la présente étude.

L'intégration d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) détaillé aux modèles hydrauliques est la base d'une restitution cartographique fidèle des inondations par débordement.

Le LIDAR (*light detection and ranging*) est un lever topographique aéroporté de haute précision et de haute densité. Le Symsagel a fait réaliser ce type de lever sur l'intégralité de son territoire en 2009.

Le produit utilisé ici est le MNT, sous la forme d'un fichier raster régulier dont la maille mesure 50cm de côté (4 valeurs / m²). Il comprend tous les points du terrain nu (points sol), Les surfaces en eau, les bâtiments, la végétation, les points faux (artefacts), les piétons, voitures, câbles et objets n'ayant pas d'emprise au sol ont été supprimés.

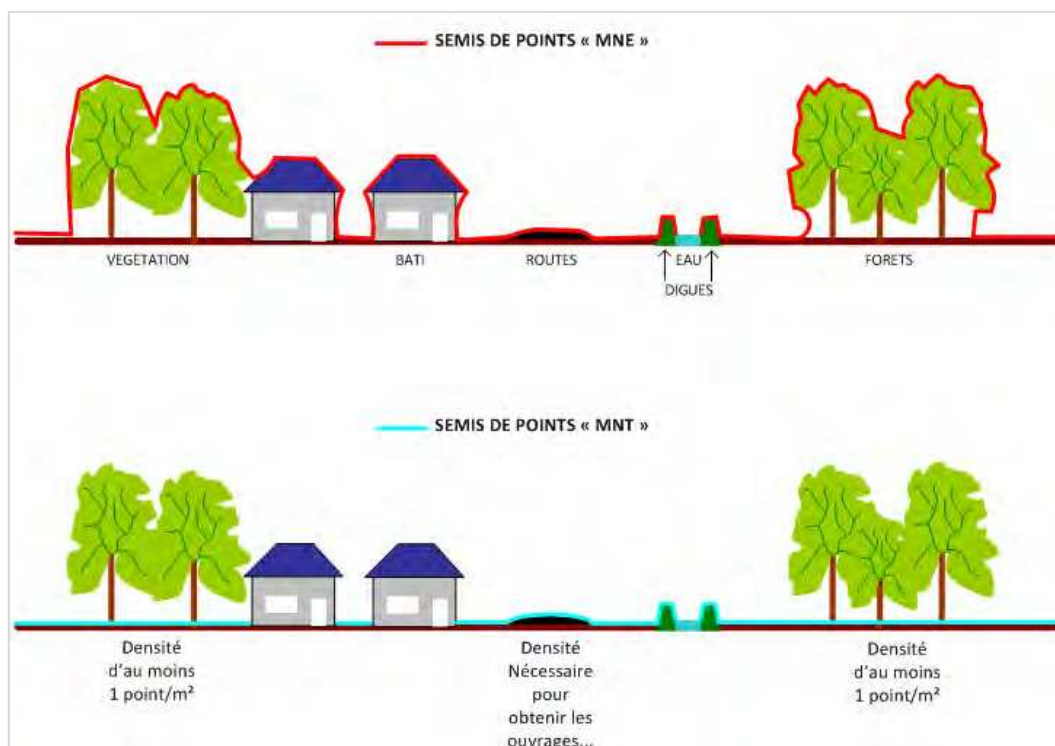


Figure 23 : Différence entre MNE et MNT

4.2.1.2 Le Scan 25 (IGN)

L'habillage de la carte est permis grâce à l'utilisation du Scan 25®, donnée produite par l'IGN.

Le SCAN 25® est une image numérique continue sur tout le territoire français des cartes IGN au 1 : 25 000, cartes reconnues pour leur richesse topographique et leur représentation satisfaisante du terrain.

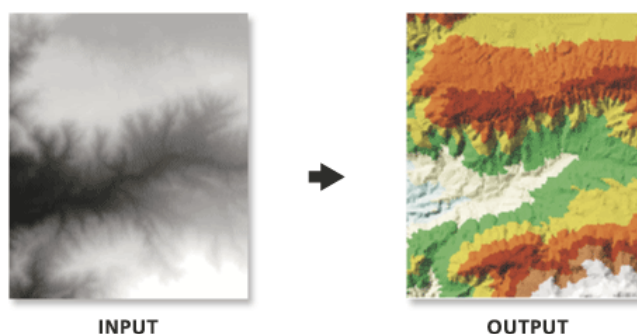
4.2.1.3 Modèles hydrauliques

Cette cartographie de l'aléa inondation est, avant tout, une représentation des résultats des modélisations hydrauliques réalisées. Il s'agit bien évidemment de l'entrée principale de ces cartes.

4.2.2 Traitement du Lidar

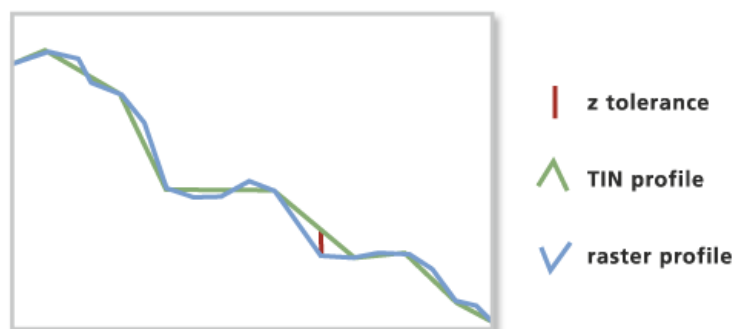
Afin d'intégrer la donnée topographique aux modèles un traitement préalable est nécessaire.

L'objectif du processus est de transformer la donnée source (raster à maille régulière de 0.5m de côté) en une couche « vecteur » de triangles orientés (TIN). Il s'agit alors d'une transformation par triangulation entre des points d'altitude connue.



L'outil Raster vers TIN permet de créer un réseau triangulé irrégulier (TIN) dont la surface ne dévie du raster en entrée, d'une valeur supérieure à la tolérance Z spécifiée. Raster vers TIN génère d'abord un TIN candidat via suffisamment de points de raster en entrée (centres de cellule) de façon à couvrir entièrement le périmètre de la surface raster. Il améliore ensuite la surface TIN de manière incrémentielle jusqu'à ce qu'il atteigne la tolérance Z spécifiée. Pour ce faire, il ajoute les centres de cellule souhaités au cours d'un processus itératif.

La zone d'interpolation du raster en entrée est respectée dans le TIN en sortie. La représentation polygonale de la zone d'interpolation est extraite du raster, avec les valeurs z, et ajoutée au TIN en tant que polygone de découpage malléable.



Le nombre de points sélectionnés par la commande est une fonction de la Tolérance Z spécifiée et du lissage du raster en entrée. Si une petite tolérance Z est spécifiée ou si la surface raster est topographiquement rugueuse et complexe, davantage de points seront requis pour créer le TIN. Le passage d'un format raster à un format vecteur occasionne donc un « lissage » de la donnée d'entrée. Afin d'obtenir le meilleur compromis entre précision et volume de données en sortie, plusieurs tests ont été effectués pour arriver à la conclusion qu'une valeur de 20cm pour la tolérance z était acceptable.

S'il est spécifié, le nombre maximal de points agit comme une contrainte de taille TIN. L'outil s'arrêtera et affichera une erreur si la tolérance Z n'est pas atteinte au moment où le compte de nœud du TIN atteint cette valeur. Ce nombre est approximatif et il est possible de générer un TIN légèrement plus grand que cette valeur, mais il est préférable que les TIN ne dépassent pas plusieurs millions de points.

Le poids considérable de la donnée, aussi bien en entrée qu'en sortie, nécessite un très long temps de calcul. Afin d'optimiser ce travail des chaînes de calcul permettant de traiter les données à la volée ont été créées grâce à l'outil ModelBuilder d'Arcgis. Ces chaînes permettent de faire se succéder les différentes étapes du traitement, de manière semi-automatique, en faisant appel à différents outils d'analyse spatiale et de traitement 3D du logiciel.

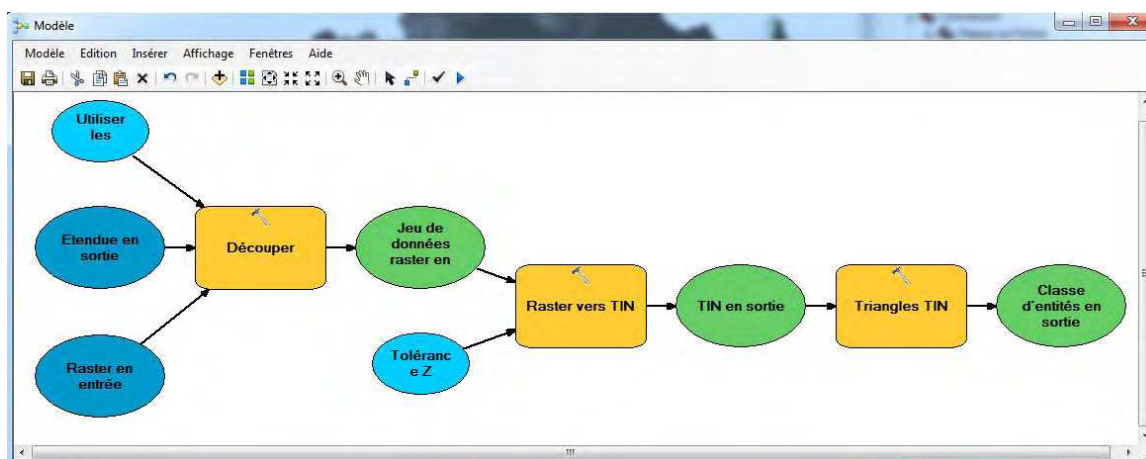


Figure 24 : Exemple de chaîne de calcul sous SIG

Pour un fonctionnement optimal des logiciels de modélisation, le poids de chaque TIN importé dans le modèle ne doit pas dépasser 500 Mo. Pour respecter cette condition, il a fallu morceler la donnée en autant de fichiers que de besoin.

4.2.3 Traitement des modèles

Le processus de représentation des zones inondables dans les modèles hydrauliques a été évoqué précédemment, il sera donc développé ici, le processus de récupération des données à la sortie des modèles et à leur intégration dans un SIG.

Les zones inondables issues des modèles sont exportées vers le SIG au format shape. La cartographie dans Infoworks repose sur les données LIDAR précédemment évoquées. La donnée en sortie est donc, elle aussi, multiple et très volumineuse.

Le traitement de la donnée vise donc à alléger la donnée, sans pour autant perdre d'information, et à assembler les fichiers afin de reconstituer une cartographie continue.

La donnée en sortie de modèle est constitué d'une multitude de polygones adjacents représentant la hauteur d'eau en trois classes (<50cm, 50cm à 1m, >1m). Le traitement SIG permet de fusionner l'ensemble des polygones d'une même classe et, par conséquent, d'alléger la donnée.

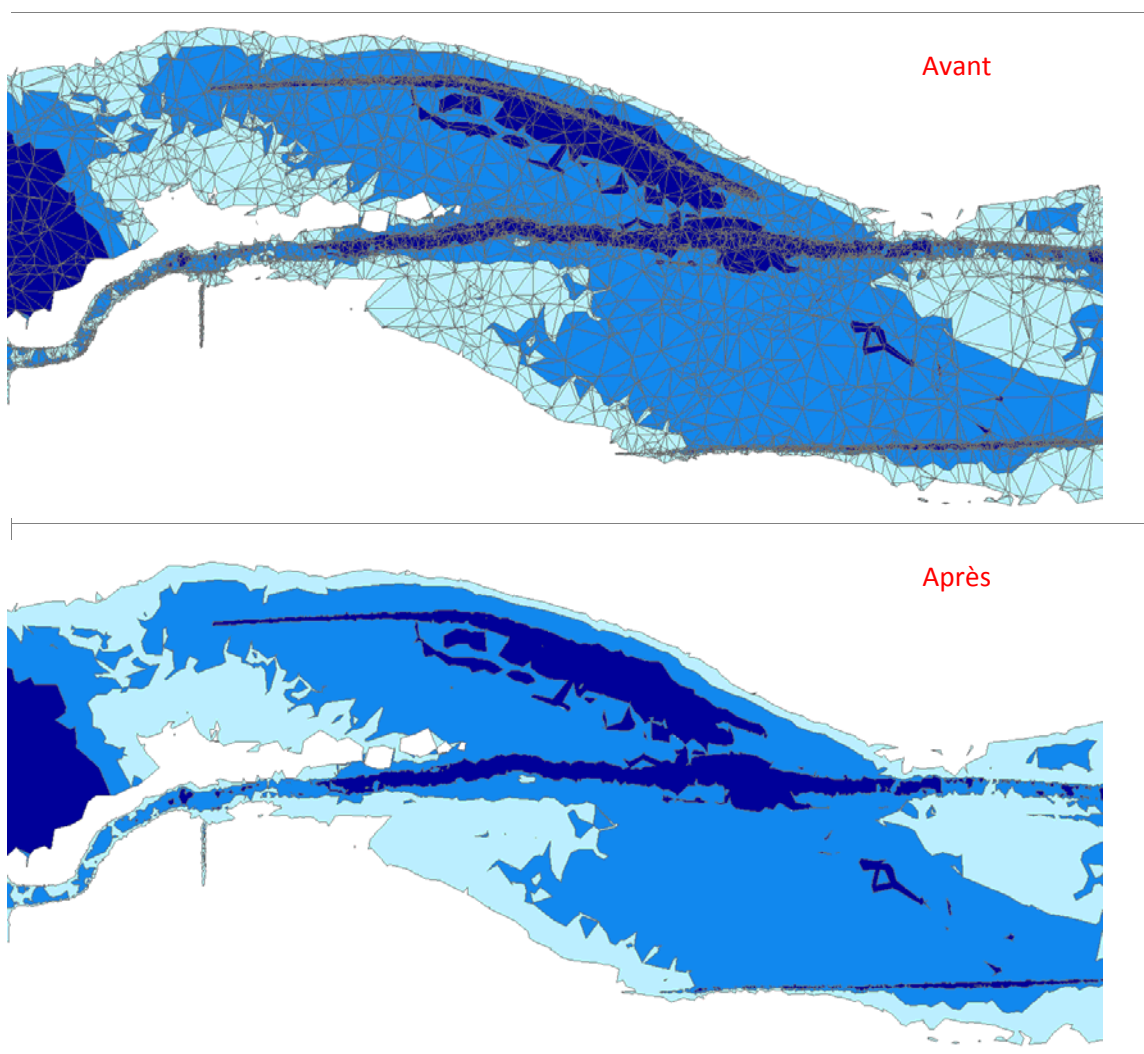


Figure 25 : Traitement des données issues des modèles hydrauliques

4.2.4 Organisation sectorielle des cartographies

Dans le but de simplifier la lecture des cartes émises et d'éviter la fragmentation des représentations géographiques, les secteurs modélisés ont été regroupés par grande entités cartographiques.

Quatre secteurs ont alors été définis de la manière suivante :

Secteur 1 : Melde, Lys rivière, Laquette et Bourre
Secteur 2 : Météren et Saint-Jans-Cappel
Secteur 3 : Clarence amont et aval, Lawe amont et Guarbecque
Secteur 4 : Loisme et Surgeon et Lawe aval

Le schéma ci-après illustre ce découpage.

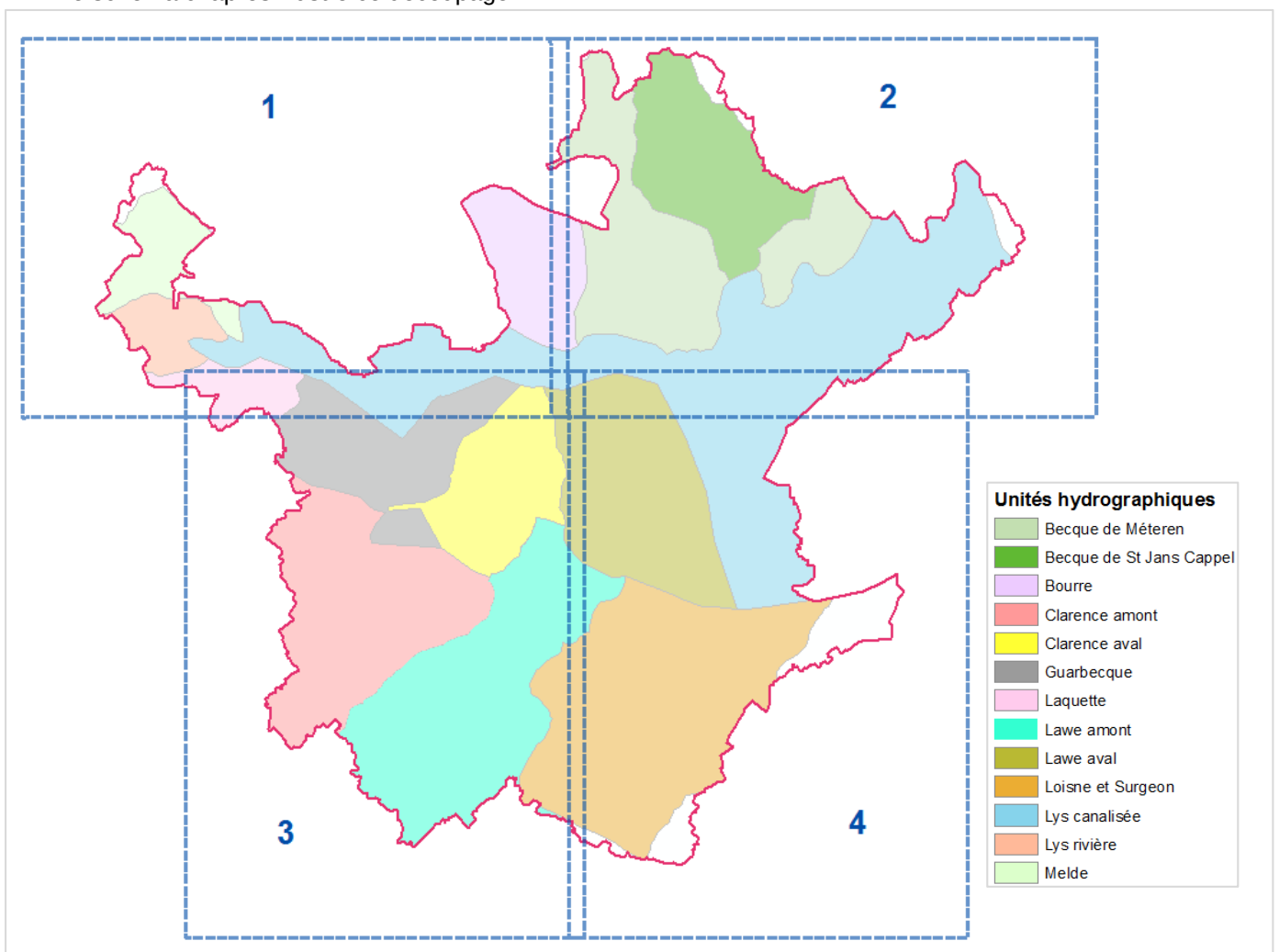


Figure 26 : Localisation des cartographies sur le TRI Béthune-Armentières

4.2.5 Contenu des cartes

4.2.5.1 Format

Les cartes des zones inondables pour l'évènement extrême à l'échelle du TRI, issues des modélisations hydrauliques sont éditées au format A0, à une échelle constante de 1 : 25 000 sur fond de carte topographique (Scan 25 ®).

4.2.5.2 Légende

Pour la cartographie de l'aléa inondation, deux informations sont représentées :

- les hauteurs d'eau - quatre classes de hauteurs d'eau sont mises en évidence :
 - 0 à 0.5 m
 - 0.5 à 1 m
 - 1 à 2 m
 - > 2m
- la limite administrative que représente le TRI Béthune-Armentières.

Hauteurs d'eau

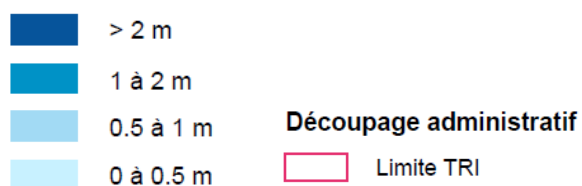


Figure 27 : Légende des cartes d'aléa

La cartographie de l'aléa représente l'emprise maximale inondable pour l'évènement extrême.

4.2.5.3 Cartographies de l'aléa extrême

Les cartes d'aléa de débordement de la Lys sont présentées ci-dessous.

Figure 28 : Carte d'aléa de débordement de la Lys – Hauteurs d'eau pour le scénario extrême (1/4)

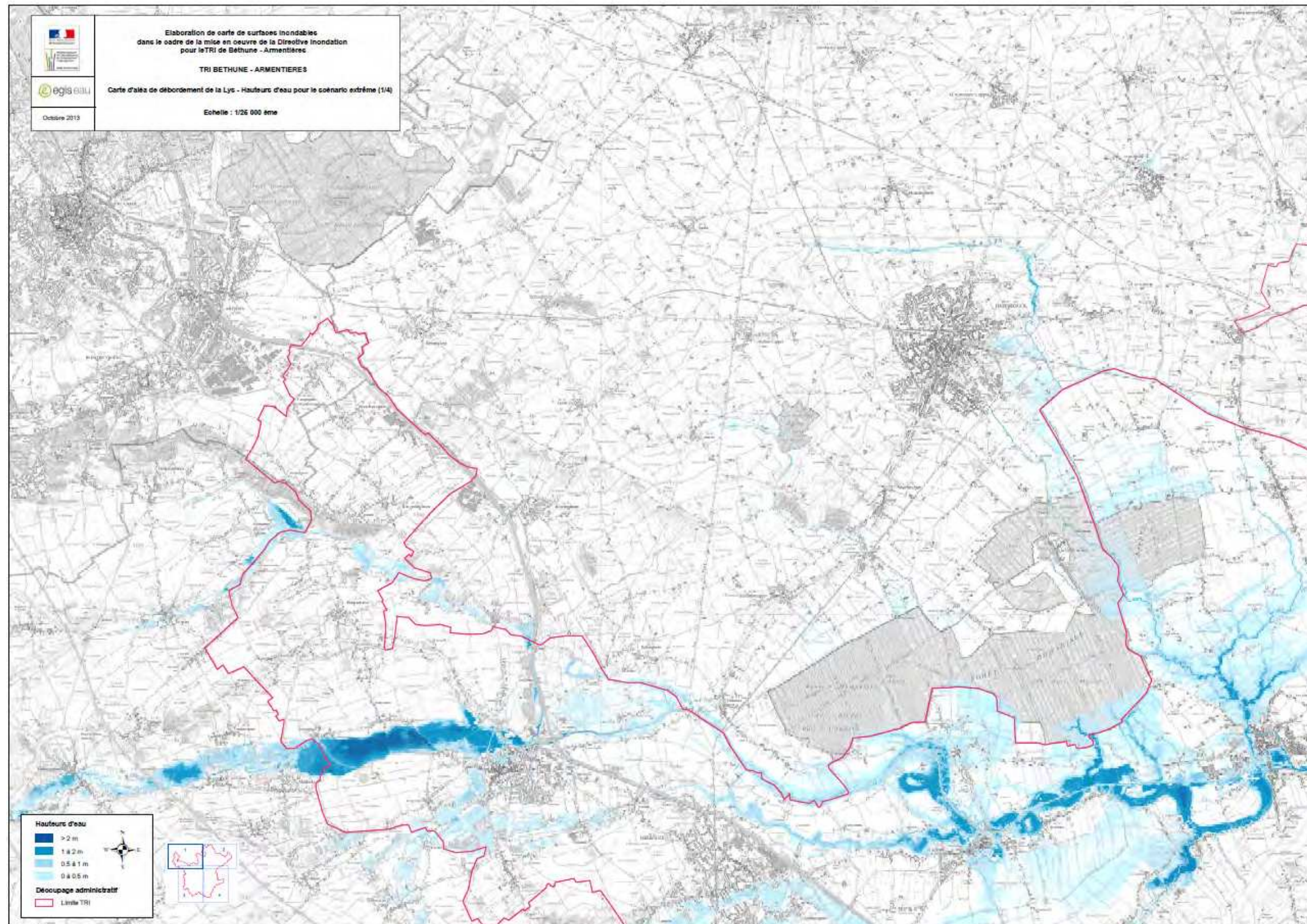


Figure 29 : Carte d'aléa de débordement de la Lys – Hauteurs d'eau pour le scénario extrême (2/4)

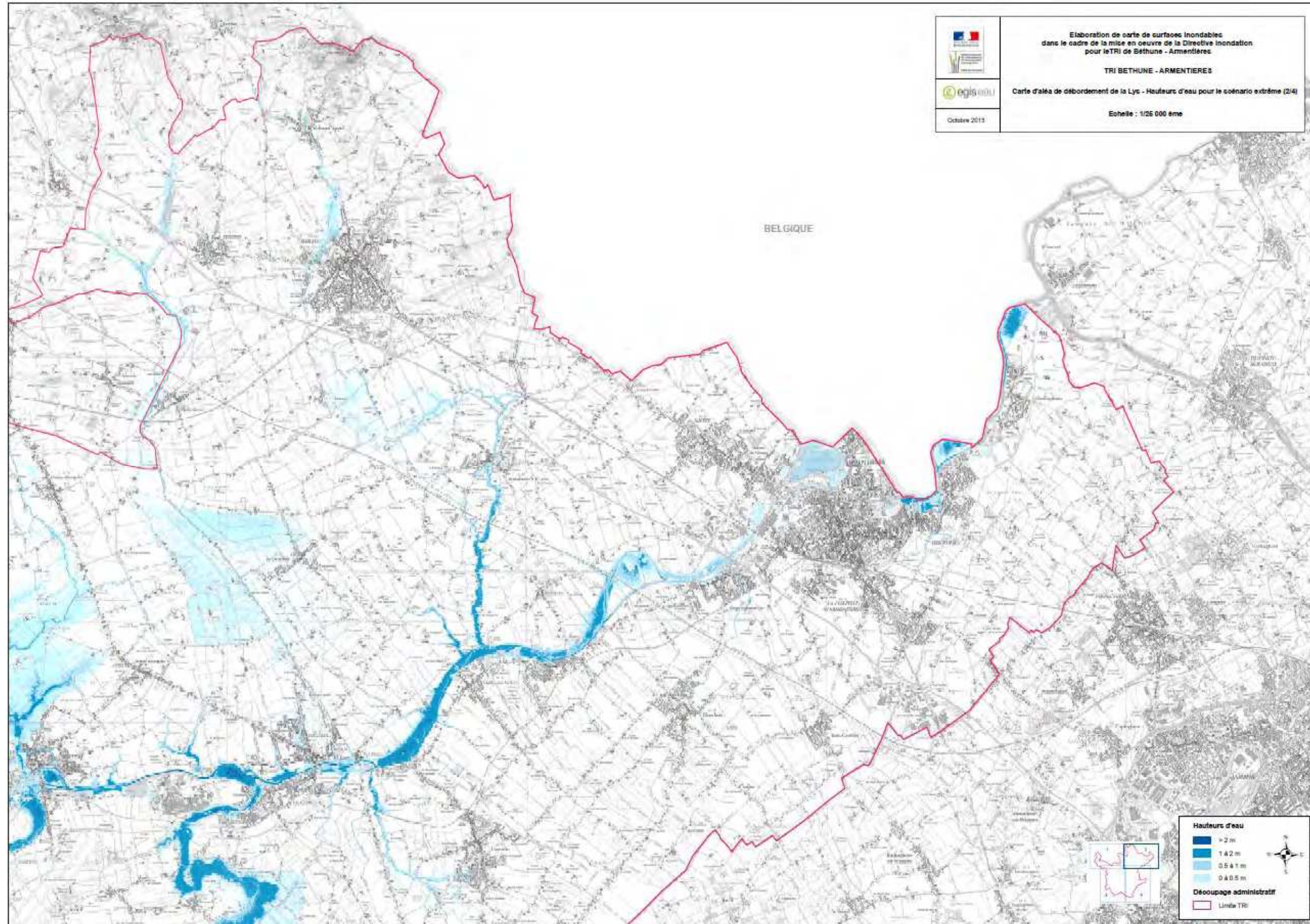


Figure 30 : Carte d'aléa de débordement de la Lys – Hauteurs d'eau pour le scénario extrême (3/4)

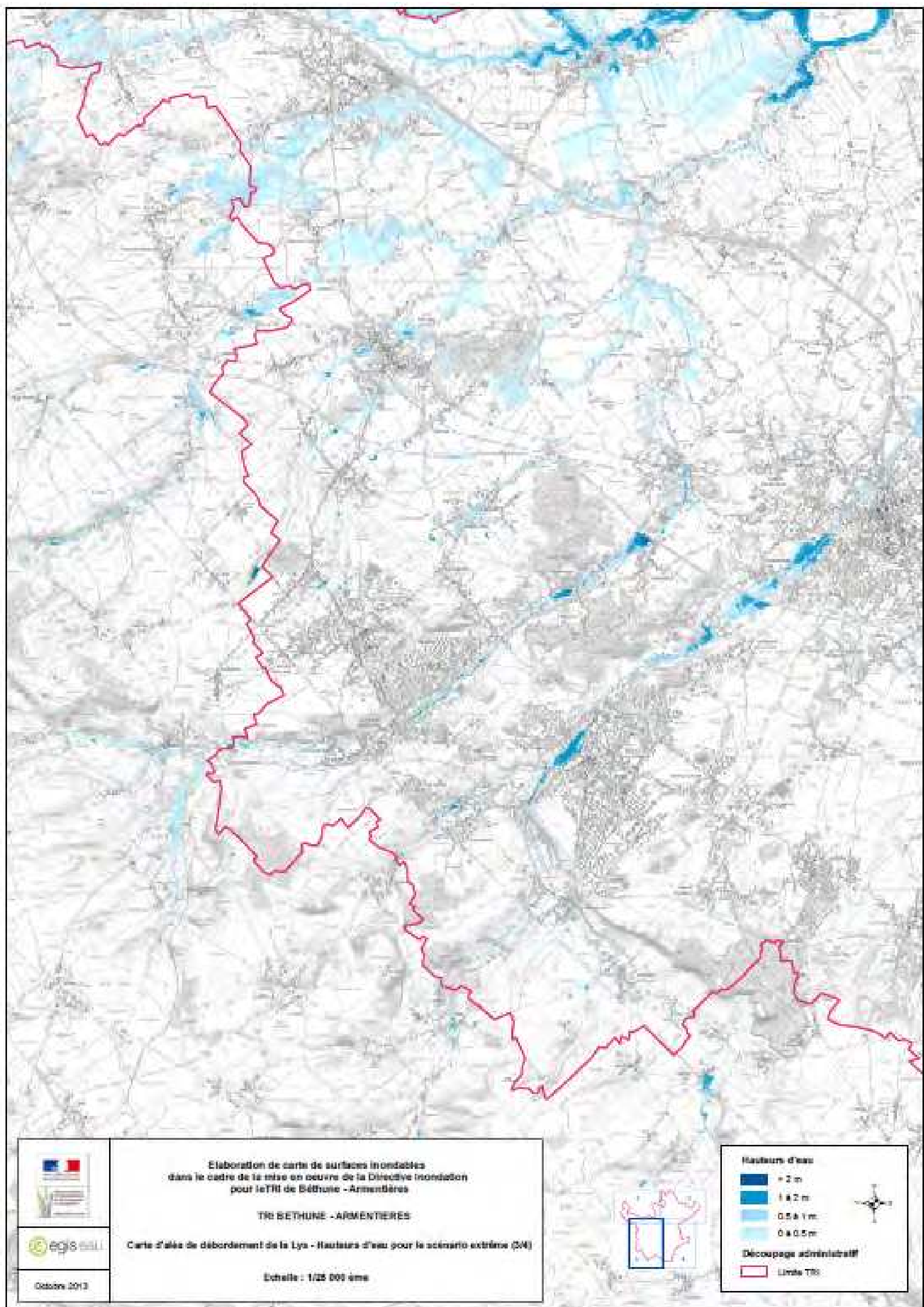
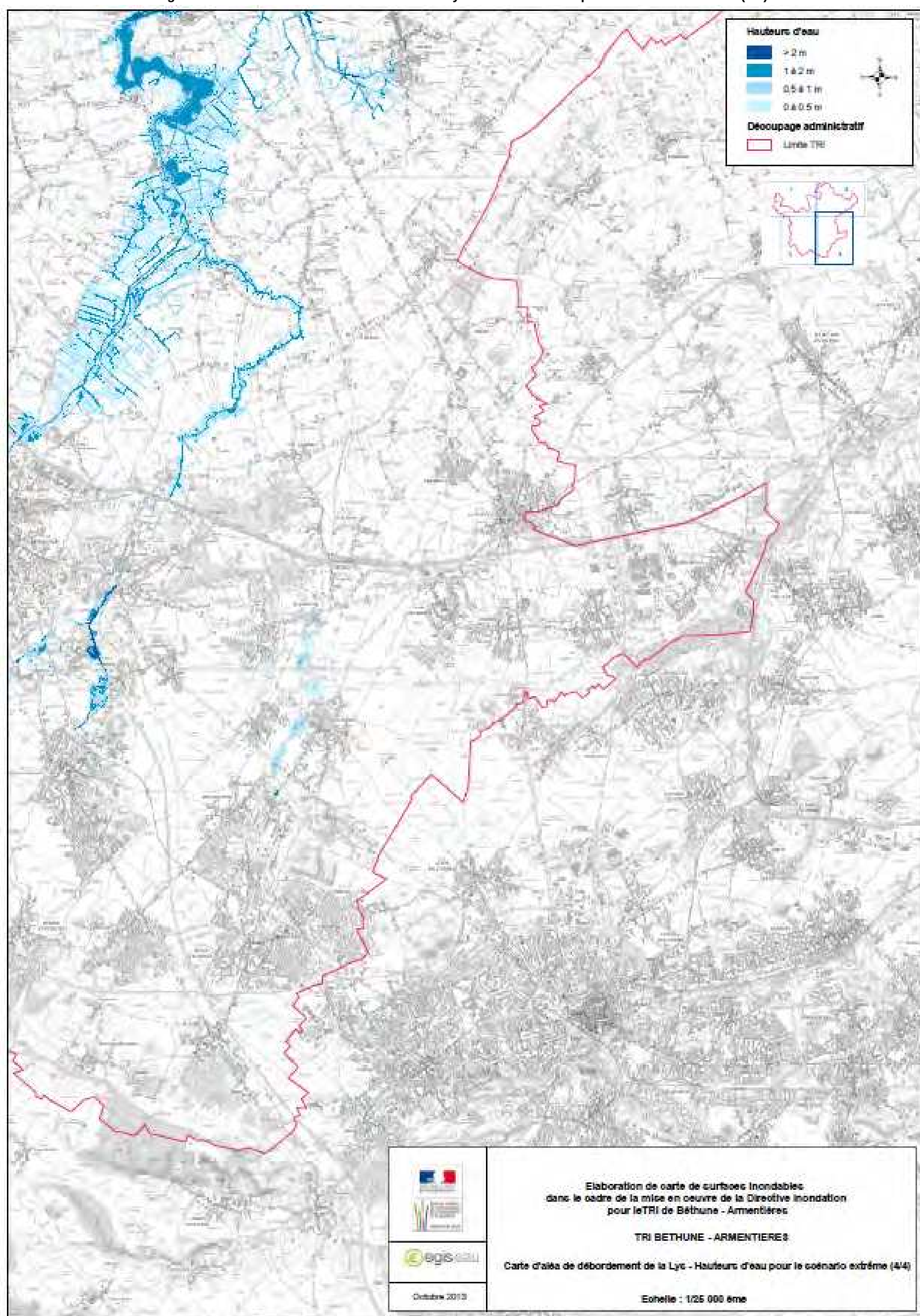


Figure 31 : Carte d'aléa de débordement de la Lys – Hauteurs d'eau pour le scénario extrême (4/4)



CHAPITRE 5 REGARD CRITIQUE SUR LES METHODES ET CARTOGRAPHIES

5.1 Les limites de la méthode Gradex

La méthode du Gradex permet d'estimer la production de l'écoulement rapide dans le bassin versant et considère que le processus de propagation de cet écoulement jusqu'à l'exutoire du bassin n'est pas perturbé en cas de crue majeure. Dans les faits, il est possible – ceci dépend de la morphologie du lit majeur et de la capacité des zones exceptionnellement inondables – qu'une partie de l'écoulement soit intercepté et retardé dans le processus réel de propagation, et que les hydrogrammes de crue en soient écrêtés.

Cette méthode peut donc avoir tendance à provoquer une sous-estimation des crues extrêmes

Les facteurs pouvant entraîner des sous-estimations sont les suivants:

- Le mode de traitement de l'information pluviométrique (modèle probabiliste exponentiel, défaut de stationnarité climatique, sous-estimation météorologique),
- l'adoption d'un coefficient de forme moyen des crues,
- la non-prise en compte des incertitudes.

Toutefois, afin de compenser ce phénomène, des hypothèses pessimistes sont introduites dans les modèles hydrauliques :

- en imposant brutalement un seuil de saturation sur la totalité du bassin versant pour une durée de retour relativement faible,
- en faisant comme si le déficit hydrique ne pouvait pas être plus important que la moyenne durant la saison à plus fort risque de pluies extrêmes,
- en considérant que l'écoulement produit par le bassin versant durant une crue extrême gagne aussi facilement son exutoire que lors des crues moyennes.

La méthode Gradex permet donc d'imposer des conditions amont et aval très pénalisantes pour l'ensemble des bassins versants.

5.2 Les limites de la méthode de l'inondabilité

Une bonne cartographie de l'aléa d'inondation dépend du niveau de détail du modèle hydraulique qui doit reproduire au maximum la réalité topographique et hydraulique. Tous les points hydrauliquement critiques comme les franchissements de routes doivent être pris en compte, ainsi que tous les déversements possibles.

A l'échelle du bassin versant de la Lys (1800 Km²), ces informations ne sont pas toujours disponibles malgré les nombreuses journées de terrain et les nombreux appuis techniques. En conséquence, nous avons dû faire des hypothèses afin d'affiner les modèles ; par exemple, la section des ouvrages de franchissement de routes secondaires a été parfois estimée. La section dépend du cours d'eau (cours d'eau, fossé ...) et de la typologie de route à franchir (RD, chemin rural etc...). Ces hypothèses ont été réalisées sur la base des ouvrages similaires observés lors des visites de terrain. En général les franchissements sont modélisés par des Ø800.

Les niveaux de débordements ont été définis à partir du TIN chargé pour chacun des modèles. La méthode est donc limitée au niveau de précision de la topographie importée. En effet, le LIDAR est la base sur lequel il a été appliqué un « lissage » qui ne doit pas dépasser 20cm de hauteur. Il permet d'effacer toutes les aspérités du type sillons de charrue, tout en gardant les arrêtes importantes comme les talus.

Enfin, l'instabilité des modèles créés sur Infoworks RS vient à l'encontre de la précision recherchée dans la méthode de construction de l'inondabilité. En effet, la création d'un modèle à partir du logiciel InfoWorks RS crée des imprécisions en raison de l'instabilité du modèle hydraulique. Cela signifie que parfois, pour faire tourner le modèle hydraulique, des hypothèses doivent être formulées (au plus proche de la réalité évidemment). C'est pour cela qu'InfoWorks CS a été utilisé dans la majorité des cas, puisqu'il s'agit d'un logiciel beaucoup plus stable.

5.3 Limites de la représentation cartographique

La cartographie finale présentée ici est issue d'approches différentes et d'analyses par étapes successives. Chacune de ces étapes compte une part de conceptualisation et donc une marge d'incertitude, à commencer par la topographie. Malgré toute l'attention et le soin apportés par l'ensemble des intervenants du projet, afin de réduire au mieux cette incertitude, il serait illusoire de penser que cette cartographie est l'exacte représentation de phénomènes réels.

En effet, ce paragraphe pose les limites de l'exercice et met en garde sur le fait que toute cartographie des zones inondables réalisée à partir d'une modélisation hydraulique présente des zones inondables calculées et donc estimées, et qu'il ne s'agit pas d'une représentation d'évènements réels.

Toutes les cartographies issues de modèles hydrauliques doivent donc être interprétées avec précaution car elles sont basées sur des hypothèses incombant directement à la modélisation elle-même.

Toutefois, à l'échelle du 25 000ème, la précision apportée par la cartographie est largement satisfaisante.

CHAPITRE 6 ANNEXES

6.1 Fiche technique Infoworks CS

Les logiciels

INFOWORKS CS



Infoworks CS est un logiciel de simulation mathématique des écoulements dans les réseaux d'assainissement par temps sec et par temps de pluie (module de simulation du ruissellement urbain).

Le module qualité du logiciel permet de coupler la modélisation des écoulements avec celle des flux de pollution liée aux eaux résiduaires urbaines et celle liée au ruissellement de surface.



LES objectifs

Approche quantitative: diagnostic des insuffisances hydrauliques, prévision des points de débordement du réseau, calcul de la ligne d'eau, évaluation des mises en charge et des volumes débordés.

Approche qualitative: diagnostic du fonctionnement des réseaux par temps sec et pour les pluies fréquentes; analyse de la fréquence de fonctionnement et des volumes rejetés au niveau des ouvrages de surverse du système d'assainissement.

Aménagement: définition et dimensionnement des

LES domaines d'application

- Diagnostic des systèmes d'assainissement eaux usées et eaux pluviales.
- Prise en compte des phénomènes d'influence aval.
- Dimensionnement de réseau.

LES données d'entrée

- Caractéristiques du réseau (noeud, conduite, station de pompage, déversoir d'orage,...).
- Découpage en bassin versant (surface, longueur, pente, type d'urbanisation).
- Données pluviométriques (pluie de projet, pluie observée, chronique de pluie).

LES données de sortie

- Tableau Hauteur, Vitesse, Débit, Volume pour chaque collecteur ou ouvrage modélisé.
- Tableau Volume de débordement, Hauteur de débordement pour chaque noeud modélisé.
- Résultats graphiques (vue en plan, profil en long).
- Visualisation dynamique des résultats.

LES applications

- Schéma directeur pluvial de la commune de Hyères Les Palmiers (Var).
- Schéma directeur pluvial des communes de Candillargues, La Grande-Motte, Palavas-les-Flots, Pérols, Saint-Aunès, Valergues (Hérault).
- Elaboration du schéma directeur d'assainissement des eaux usées et pluviales sur 12 communes de la Communauté d'Agglomération du Grand-Avignon.

LES méthodes de calcul

- Module hydrologique: transformation pluie-débit selon le principe du simple ou double réservoir.
- Simulation de écoulements en réseau: résolution complète des équations de Barré Saint Venant.
- Module qualité pluviale: modélisation des phénomènes de sédimentation - remise en suspension à partir des équations d'Ackers White.



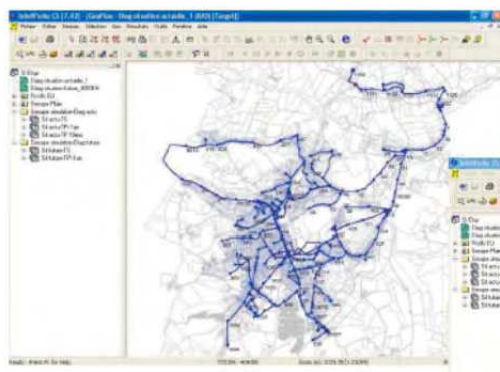
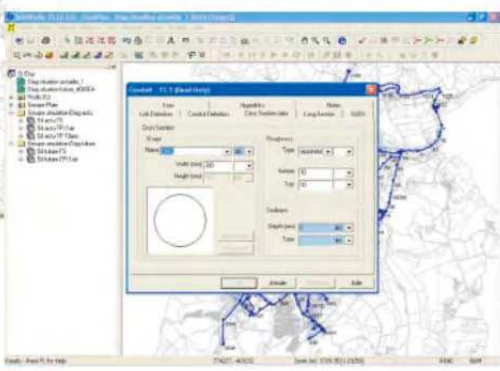
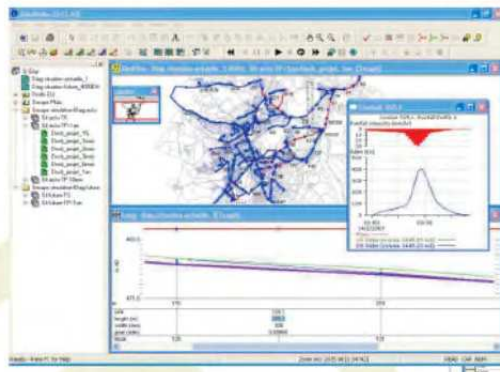
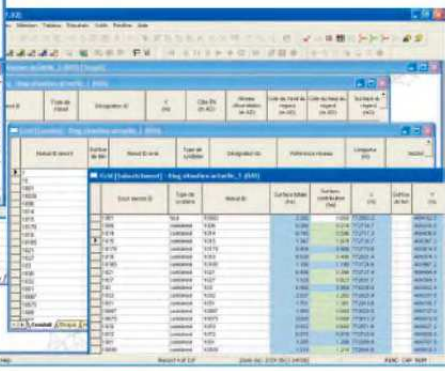
Infoworks CS EGIS dat 06/06/2007

Les logiciels

INFOWORKS CS

EXEMPLES de rendus graphiques





6.2 Fiche technique Infoworks RS

Les logiciels

INFOWORKS RS





Infoworks RS est un logiciel de simulation mathématique permettant de reproduire et d'analyser le fonctionnement des cours d'eau, canaux, rivières, champs d'inondations et estuaires.

Il permet de modéliser le flux et les niveaux d'eau dans une rivière, sur une longue durée ou à une petite échelle de temps.



LES objectifs

Infoworks RS permet de modéliser de manière fidèle des cours d'eau en régime permanent ou transitoire, de déterminer les caractéristiques hydrauliques en chaque nœud de calcul (*hauteur, vitesse, débit*).

LES domaines d'application

- Cartographie de l'aléa inondation,
- Plans de Prévention des Risques Inondation,
- Impact hydraulique d'aménagements en zone inondable.

LES atouts

Infoworks RS permet une visualisation dynamique des zones inondables.

Il est possible de :

- Utiliser un Modèle Numérique de Terrain,
- Visualiser les zones inondables de n'importe quel événement,
- Visualiser les hauteurs d'eau en chaque nœud de calcul,
- Extraire des hauteurs d'eau et des durées de submersion,
- Exporter / importer des données Arcview, Mapinfo ou Isis.

LES données d'entrée

- Données topographiques : modèle numérique de terrain (*importé ou créé*), profils en travers, ouvrages structurants, casiers d'inondation, ...
- Données hydrologiques : hydrogrammes de crue ou éléments hydrologiques et géographiques concernant les bassins versants (*si utilisation du modèle pluie-débit*).

LES données de sortie

- Représentation thématique des données et des résultats avec animation en vue en plan : représentation des zones inondables, profils en long et en travers du bief avec ses hauteurs d'eau, graphes de débit, hauteur, vitesse, ...
- Représentation sous forme tabulaire des résultats (*hauteur, vitesse, débit, ...*)

LES processus physiques pris en compte

- Pertes de charges linéaires et singulières,
- Régime transitoire,
- Régime permanent.



Infoworks RS EGIS cat 04/09/2007

- Utilise le moteur de calcul d'ISIS,
- Inclut le modèle pluie-débit PDM et des modèles de ruissellement (SCS, FSR, FEH).

[illegible]