



# DDTM du Pas-de-Calais

## DÉTERMINATION DES ALÉAS INONDATIONS DU TERRITOIRE DE LA SOUCHEZ

### PHASE 2 : QUALIFICATION DES PHÉNOMÈNES

#### LIVRABLE L4 : DÉTERMINATION DE L'ALÉA DE RÉFÉRENCE

<b>Affaire n° : 19-391-04</b>			
Version	Date	Rédigé par	Vérifié par
0	08/09/21	VG, CA, OS	CA, OS
0,1	28/07/22	VG, CA, OS	FAD, OS
<b>Remarques :</b>			

## SOMMAIRE

1. Présentation et synthèse.....	4
1.1. Contexte et objet de l'étude.....	4
1.2. Objectifs.....	6
1.3. Contenu du livrable.....	6
2. Données sources utilisées pour l'étude.....	8
2.1. Données et études antérieures.....	8
2.2. Version des logiciels utilisés.....	11
3. Analyse hydrologique.....	12
3.1. Données pluviométriques disponibles.....	12
3.2. Analyse des événements historiques.....	17
3.2.1. Analyse des données radar.....	17
3.2.2. Analyse des principaux événements hydrologiques.....	22
3.2.3. Événements retenus pour le calage des modèles hydrauliques.....	32
4. Périmètre de la modélisation.....	34
4.1. Communes retenues.....	34
4.2. Découpage du territoire d'étude entre Prolog Ingénierie et DH&E.....	36
4.3. Stratégie de modélisation : 3 outils complémentaires.....	38
5. Modélisation de l'aléa débordement de cours d'eau.....	42
5.1. Approche pluie-débit à l'échelle du bassin versant.....	42
5.1.1. Les principes théoriques de l'approche.....	43
5.1.2. Découpage du territoire en sous-bassins versants.....	43
5.1.3. Choix de la fonction de production.....	46
5.1.4. Choix de la fonction de transfert.....	47
5.1.5. Loi de récession.....	48
5.1.6. Choix de la fonction de propagation.....	48
5.1.7. Génération des hydrogramme.....	48
5.2. Modélisation de l'aléa débordement.....	49
5.2.1. Périmètre de la modélisation 1D-2D.....	49
5.2.2. Principe général de la modélisation 1D-2D.....	51
5.2.3. Modélisation des écoulements de la Souchez et de ses affluents.....	54
5.2.3.1. Modélisation 1D / 2D des écoulements.....	54
5.2.3.2. Conditions aux limites.....	58
5.2.4. Prise en compte des interactions avec la nappe.....	59
5.3. Calage des modèles hydrologiques.....	62
5.3.1. Principes du calage.....	62
5.3.2. Méthodologie et valeurs retenues.....	62
5.3.2.1. Informations disponibles pour le calage du modèle.....	62
5.3.2.2. Calibrage des paramètres du modèle hydrologique HEC-HMS.....	68
5.3.3. Résultats du calage sur l'événement de juin 2016.....	74
5.3.3.1. Principaux résultats du calage sur la pluie du 7 juin 2016.....	74
5.3.3.2. Analyse de sensibilité du modèle hydrologique.....	76
5.3.3.3. Validation du calage sur la pluie du 30-31 mai 2016.....	77
5.4. Calage des modèles hydrauliques.....	79
5.4.1. Principes du calage.....	79
5.4.2. Méthodologie et valeurs retenues.....	79
5.4.3. Résultats du calage sur l'événement de juin 2016.....	81
5.5. Modélisation de l'aléa de référence « débordement ».....	95
5.5.1. Définition de l'événement de référence pour le risque inondation par débordement de cours d'eau.....	95
5.5.2. Analogie avec le bassin versant de la Lawe.....	97
5.5.3. Test de sensibilité sur la condition limite aval.....	100
5.5.4. Prise en compte des bassins de rétentions existants.....	102
5.5.5. Résultats de la modélisation pour l'aléa de référence « débordement ».....	104
6. Modélisation de l'aléa ruissellement.....	112
6.1. Spécificité du ruissellement et territoire d'étude.....	112
6.2. Transformation pluie-ruissellement.....	112
6.3. Modélisation de l'aléa ruissellement.....	113



---

6.4. Calage des modèles hydrologiques.....	115
6.5. Calage du modèle hydraulique « ruissellement ».....	116
6.5.1. Principes du calage.....	116
6.5.2. Méthodologie et valeurs retenues.....	116
6.5.3. Résultats du calage sur l'événement de juin 2016.....	117
6.6. Modélisation de l'aléa de référence « ruissellement ».....	133
6.6.1. Définition de l'événement de référence pour le risque inondation par ruissellement.....	133
6.6.2. Prise en compte des bassins de rétention existants.....	138
6.6.3. Résultats de la modélisation pour l'aléa de référence « ruissellement ».....	139
7. Points de vigilance et incertitudes.....	146
8. Exploitation des résultats et restitution cartographique.....	147
8.1. Définition des aléas.....	147
8.2. Méthodologie d'élaboration des cartes.....	150
8.2.1. Création des contours de hauteurs et vitesses.....	150
8.2.2. Zones de recouvrement entre aléa débordement de cours d'eau et aléa ruissellement.....	151
8.2.3. Format des rendus et exemples.....	152



# 1. PRÉSENTATION ET SYNTHÈSE

## 1.1. CONTEXTE ET OBJET DE L'ÉTUDE

La Souchez est une rivière d'une quinzaine de kilomètres dont le bassin versant possède une superficie d'environ 117 km<sup>2</sup> et appartient au bassin versant de la Haute-Deule. La Souchez (qui devient le canal de Lens en sortie de la commune de Lens) conflue avec le canal de la Deûle au droit de la commune de Courrières.

Le bassin versant de la Souchez constitue le secteur amont du Territoire à Risque important d'Inondations (TRI) de Lens. Il est essentiellement concerné par les risques de ruissellements et coulées de boues, de débordement de cours d'eau et de remontée de nappe. Les événements pluvieux marquants les plus récents et à l'origine d'inondations importantes sont les orages du 30-31 mai 2016 et du 7 juin 2016.

Dans le cadre de l'élaboration de la stratégie locale de gestion du risque inondation (SLGRI), la DDTM du Pas-de-Calais a réalisé en 2016-2017 une étude d'amélioration de la connaissance du risque inondation par ruissellement sur le bassin versant de la Haute-Deule pour mieux prévenir le risque et accompagner les collectivités.

Dans la continuité de cette dernière, la présente étude a pour objectif de déterminer plus finement les aléas inondation par débordement de cours d'eau et ruissellement sur 31 communes du bassin versant de la Souchez (sur les sous-bassins versants de la Souchez, d'Avion et de Lens et de son agglomération).

La figure suivante illustre le territoire d'étude.

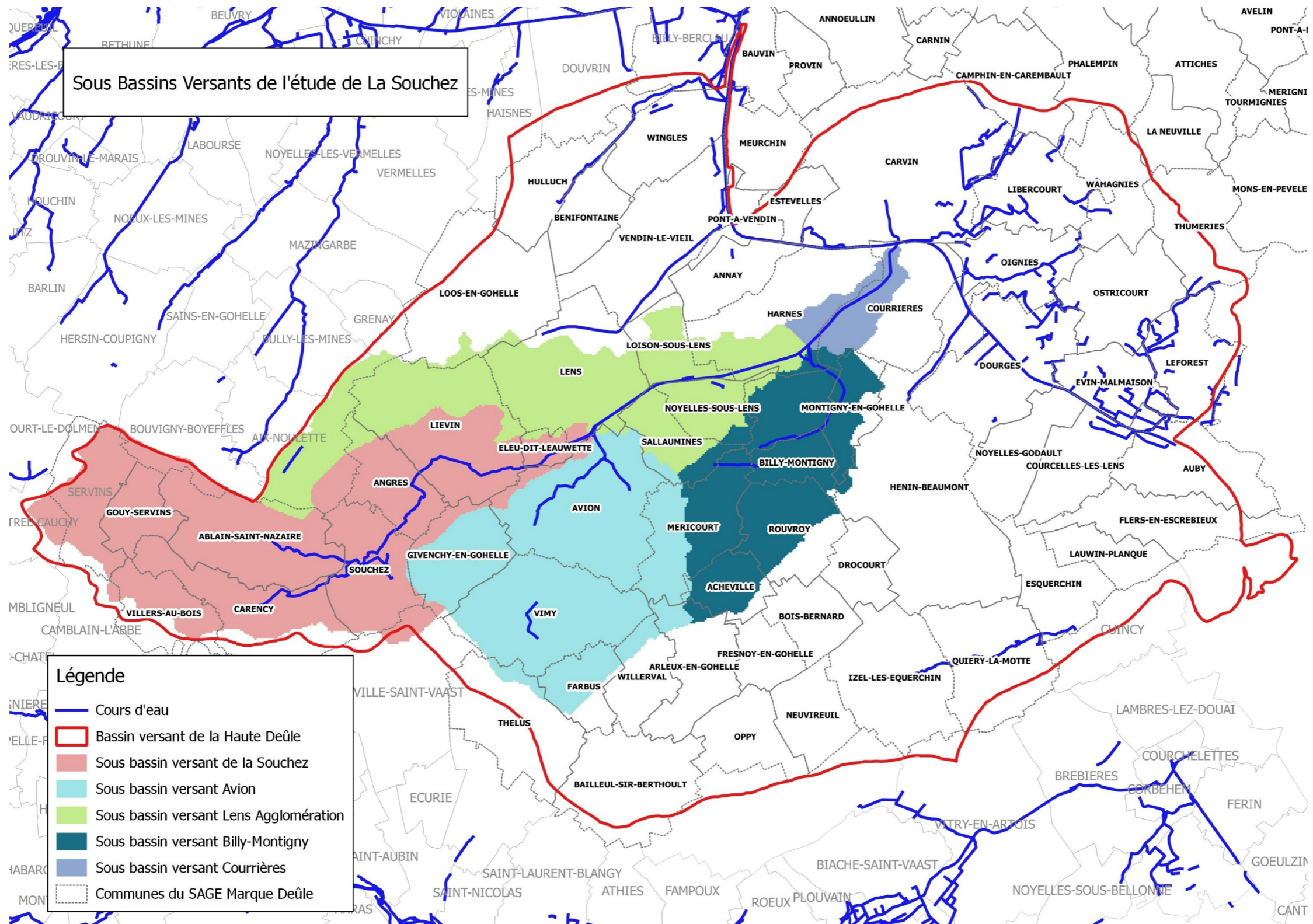


Figure 1: Illustration du territoire d'étude (source : CCTP)

## 1.2. OBJECTIFS

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'une procédure administrative qui doit permettre de déterminer finement les aléas inondation par débordement de cours d'eau et par ruissellement sur le bassin versant de la Souchez (et mettre en évidence les zones sensibles à la remontée de nappe). Les résultats de cette étude doivent permettre d'orienter l'État quant à la prescription ou non d'un Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) sur tout ou partie du territoire.

L'étude hydraulique est décomposée selon quatre phases :

- Phase 1 : Analyse des données disponibles et nécessaires à l'étude,
- Phase 2 : Méthode de détermination des aléas,
- Phase 3 : Qualification des phénomènes,
- Phase 4 : Note d'opportunité.

Le présent livrable L4 s'inscrit dans la Phase 3 de l'étude « Qualification des phénomènes ».

A partir des éléments recueillis dans le cadre de la Phase 1 et de la méthodologie proposée en Phase 2, l'objectif de la Phase 3 consiste à cartographier l'aléa inondation par ruissellement et débordement pour un aléa fréquent (période de retour 10-30 ans), un aléa moyen (période de retour 100 ans) et pour un aléa extrême (période de retour 1 000 ans)

Plus précisément le livrable L4 a pour objectif d'explicitier la détermination de l'aléa de référence (moyen) de période de retour environ 100 ans (construction, calage et exploitation des modèles hydrologiques et hydrauliques), de justifier les scénarios hydrométéorologiques retenus et d'analyser et commenter les résultats obtenus.

Les cartographies de résultats (hauteurs de submersion, vitesses d'écoulement et aléa) pour les phénomènes de débordement et ruissellement font l'objet d'un livrable distinct (L5).

## 1.3. CONTENU DU LIVRABLE

Le présent rapport est structuré de la manière suivante :

- La première partie rappelle le contexte et les objectifs de l'étude et propose une synthèse des principaux résultats en ce qui concerne la détermination de l'aléa de référence qui fait l'objet du présent rapport,
- La deuxième partie présente les données d'entrée utilisées dans le cadre de l'étude,
- La troisième partie rappelle l'analyse hydrologique réalisée dans le cadre de la Phase 2 (livrable L3) qui a permis de caractériser le régime des pluies sur le territoire d'étude et les principaux événements historiques de référence,
- La quatrième partie présente le périmètre retenu pour la modélisation,

**PROLOG INGÉNIERIE**

*Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez – Phase 3*  
**- Livrable L4 : Détermination de l'aléa de référence -**

R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

07/2022



- La cinquième partie présente la caractérisation de l'aléa débordement de cours d'eau sur le bassin versant de la Souchez (modélisation hydrologique et hydraulique),
- La sixième partie présente la caractérisation de l'aléa ruissellement sur le bassin versant de la Souchez (modélisation hydrologique et hydraulique),
- La septième et dernière partie est consacrée à l'exploitation des résultats de la modélisation ainsi qu'à leur restitution cartographique (les cartes à proprement parler faisant l'objet d'un livrable distinct, le livrable L5).



---

## 2. DONNÉES SOURCES UTILISÉES POUR L'ÉTUDE

### 2.1. DONNÉES ET ÉTUDES ANTÉRIEURES

La liste des données et études antérieures collectés et utilisés dans le cadre de la présente étude est présentée dans le tableau ci-après, par ordre chronologique de collecte.



Référence	Format	Secteur concerné	Nom de l'entrée	Titre de l'entrée	Maître d'ouvrage	Auteur	Type	Date	Transmis par
DOC 1	pdf, dwg	Souchez	20190724_04006_ptop_a	Profils en travers de la Souchez et coupes des ouvrages (campagne n°1)	DDTM 62	GEOSOLUTIONS	Levés topo	07/10/2019	DDTM 62
DOC 2	pdf	BV Haute Deûle	-	Amélioration de la connaissance du risque inondation par ruissellement et orientations	DDTM 62	DH&E	Rapport d'étude	2016, 2017, 2018	Web
DOC 3	pdf	Loison-sous-Lens	2007 04 09 - Loison - note de presentation	Note de présentation du PPRI sur la commune de Loison-sous-Lens	DDTM 62	DDTM 62	PPRI	06/2007	Web
DOC 4	pdf	Loison-sous-Lens	2007 04 09 - Loison - reglement	Règlement du PPRI sur la commune de Loison-sous-Lens	DDTM 62	DDTM 62	PPRI	06/2007	Web
DOC 5	pdf	Lens, Douai, Valenciennes	note_historique_crues_inondations_lens_douai_valenciennes	Note historique sur les crues et inondations à Lens, Douai et Valenciennes - Rapport 2	DREAL NPDC	ACTHYS	Rapport d'étude	04/06/2013	Web
DOC 6	pdf	Lens-Liévin Hénin-Carvin	synthese_RVB3	Etude hydraulique détaillée de surface des zones protégées par les stations de relevage des eaux du bassin minier Nord - Pas de Calais	Mission Bassin Minier	Egis Eau, Geolys	Rapport d'étude	04/2012	Web
DOC 7	pdf	Lille	Statistiques Lille	Statistiques à la station de Lille-Lesquin pour des épisodes pluvieux de durée comprises entre 15 min et 2j	-	Météo France	Données pluvio	Transmis dans le cadre d'une étude antérieure	DDTM 62
DOC 8	pdf	Lillers	LILLERS	Statistiques à la station de Lillers pour des épisodes pluvieux de durée comprises entre 30 min et 1j	-	Météo France	Données pluvio	Transmis dans le cadre d'une étude antérieure	DDTM 62
DOC 9	pdf	BV Souchez	CR-[nom_commune]	Comptes-rendus des réunions techniques réalisées avec les communes dans le cadre des diagnostics de vulnérabilité	CALL	SYMSAGEL	CR	14/01/2020	CALL
DOC 10	pdf	BV Souchez	outputV2_[nom_commune]	Cartes de synthèse communales réalisées avec les communes dans le cadre des diagnostics de vulnérabilité	CALL	SYMSAGEL	Cartes	14/01/2020	CALL
DOC 11	jpeg	BV Souchez amont	CALL_Ouvrages hydrauliques	Cartes des aménagements de gestion des eaux pluviales	CALL	SYMSAGEL	Carte	14/01/2020	CALL
DOC 12	pdf	BV Souchez	synthese_DVC_[nom_commune]	Synthèse du diagnostic de vulnérabilité	CALL	CALL	Synthèse	14/01/2020	CALL
DOC 13	xls	Périmètre CALL	pluvio_DH&E	Données pluviométriques enregistrées aux pluviomètres de la CALL pour les événements d'août 2015, mai 2016 et juin 2016	CALL	Veolia	Données pluvio	16/01/2020	CALL
DOC 14	pdf	TRI de Lille, Lens, Douai et Valenciennes	Phase[n°Phase]	Analyse hydrologique sur les TRI de Lille, Lens, Douai et Valenciennes dans le cadre de la Directive Cadre Inondation	DREAL NPDC	DH&E	Rapport d'étude	17/01/2020	DH&E
DOC 15	pdf	BV Souchez	1962008_004_PHASE_1_Definition_SBV_prioritairesVD	Expertise et modélisation du ruissellement et de l'érosion des sols sur le bassin versant amont de la	SYMSAGEL	LIOSE	Rapport d'étude	23/01/2020	SYMSAGEL

**PROLOG INGÉNIERIE**

Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez - Phase 3  
- Livrable L4 : Détermination de l'aléa de référence -

R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

07/2022

Référence	Format	Secteur concerné	Nom de l'entrée	Titre de l'entrée	Maître d'ouvrage	Auteur	Type	Date	Transmis par
		amont		Souchez - Phase 1					
DOC 16	pdf	BV Souchez amont	1962008_004_Rapport	Expertise et modélisation du ruissellement et de l'érosion des sols sur le bassin versant amont de la Souchez - Phase 2	SYMSAGEL	LIOSE	Rapport d'étude	23/01/2020	SYMSAGEL
DOC 17	xls	Lens	FRNOR.RR20051418491267986.PPDQ.KEYudu3OdDvd922fD7v0d2u	Cumuls journaliers à Lens pour l'événement du 15/08/2015	PROLOG	Météo France	Données pluvio	14/05/2020	Météo France
DOC 18	tiff	Périmètre radar Abbeville	panthere_france_20150813	Pluviométrie radar panthère pour l'événement du 13/08/2015	DDTM 62	Météo France	Données pluvio	12/06/2020	DDTM 62
DOC 19	tiff	Périmètre radar Abbeville	panthere_france_20160530	Pluviométrie radar panthère pour l'événement du 30-31/05/2016	DDTM 62	Météo France	Données pluvio	12/06/2020	DDTM 62
DOC 20	tiff	Périmètre radar Abbeville	panthere_france_20160607	Pluviométrie radar panthère pour l'événement du 07/06/2016	DDTM 62	Météo France	Données pluvio	Transmis dans le cadre d'une étude antérieure	DDTM 62
DOC 21	pdf, dwg	Souchez	20200515_04351_profils	Profils en travers de la Souchez et coupes des ouvrages (campagne n°2)	DDTM 62	GEOSOLUTIONS	Levés topo	22/06/2020	DDTM 62
DOC 22	pdf, dwg	BV Souchez	reperes_de_crue	Levés topographiques des repères de crues identifiés dans le cadre de la Phase 1	DDTM 62	GEOSOLUTIONS	Levés topo	23/06/2020	DDTM 62

**Tableau 1: Études antérieures utilisées dans le cadre de la présente étude**



## 2.2. VERSION DES LOGICIELS UTILISÉS

La modélisation hydrologique a été réalisée à l'aide du logiciel HEC-HMS dans sa version 4.7.

Les modélisations hydrauliques ont été réalisées à l'aide du logiciel HEC-RAS dans sa version 5.0.7 et 6.0.

Les cartographies ont été réalisées à l'aide du logiciel QGIS dans sa version 3.4.

### 3. ANALYSE HYDROLOGIQUE

*N.B.* : Le présent chapitre reprend et met à jour des éléments du livrable L3 (Phase 2).

L'objectif principal de l'analyse hydrologique est d'étudier le régime hydrométrique et pluviométrique du bassin versant de la Souchez afin d'identifier un ou deux événements hydrologiques de référence pour caractériser les inondations par débordement de cours d'eau et par ruissellement. L'analyse hydrologique doit permettre par la suite de définir les conditions limites amont et aval de la modélisation pour la caractérisation de l'aléa de référence.

Cet (ou ces) événement(s) de référence doivent être a minima de période de retour 100 ans. **Un événement centennal est un événement qui a une chance sur 100 de se produire chaque année.** Il s'agit d'un événement qui se déroule en moyenne tous les 100 ans : en moyenne seulement, car la probabilité réelle d'observer un événement centennal sur une période de 100 ans est de 2/3. Il s'agit donc d'une crue ou d'une pluie d'une telle intensité qu'elles sont très rarement voire jamais observées à l'échelle d'une vie humaine. Deux cas de figure peuvent dès lors se produire :

- l'analyse historique conduite en Phase 1 a permis d'identifier un épisode pluvieux bien documenté dont la période de retour estimée est supérieure ou égale à 100 ans : cette pluie pourra alors être retenue comme événement de référence ;
- aucun épisode pluvieux historique n'est compatible avec les critères d'un événement de référence : une pluie de projet de période de retour 100 ans sera construite sur la base des statistiques pluviométriques locales.

Cette analyse hydrologique doit également permettre de définir une méthodologie adaptée pour le calcul des apports qui seront ensuite injectés au modèle hydraulique.

Les études hydrauliques antérieures, les entretiens réalisés avec les communes dans le cadre de la Phase 1 et les repères de crues identifiés (également dans le cadre de la Phase 1) ont permis d'identifier les principaux événements récents à l'origine d'inondations importantes (débordements et phénomènes de ruissellement importants) sur le bassin versant de la Souchez. Il s'agit des épisodes pluvieux suivants :

- Pluie du 13/08/2015,
- Pluie du 30 et 31/05/2016,
- Pluie du 07/06/2016.

#### 3.1. DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES DISPONIBLES

Les données pluviométriques disponibles pour l'analyse du comportement hydrologique du bassin versant de la Souchez et la détermination des événements de référence sont de nature et d'origine diverses :



- les données pluviométriques des stations de Météo-France sur le bassin versant de la Souchez et aux alentours,
- les données pluviométriques de la CALL sur son réseau de stations pluviométriques,
- Les données pluviométriques des stations de la DREAL à proximité du bassin versant de la Souchez,
- les données RADAR (lame d'eau « PANTHÈRE » et « ANTILOPE ») de Météo-France sur l'ensemble du territoire d'étude.

*N.B. : La Souchez n'est pas un cours d'eau surveillé par les services de l'État, il n'existe pas de station hydrométrique sur cette dernière.*

#### ➤ **Les stations pluviométriques terrestres**

Les stations pluviométriques de Météo France présentes sur le bassin versant de la Souchez et à proximité immédiate de ce dernier sont celles de Lens et d'Aubigny. Ces dernières sont de type 4, la pluviométrie est mesurée au pas de temps journalier uniquement (aucune donnée disponible au pas de temps horaire ou inférieur). Au regard des cumuls parfois très importants observés sur des temps très courts lors des événements pluvieux marquants récents à l'origine d'inondations importantes (orages du 30 mai 2016 et du 6-7 juin 2016), les précipitations journalières ne sont pas suffisamment précises pour les étudier. Les cumuls journaliers ont toutefois été récupérés aux stations de Lens et Aubigny pour étudier la pluviométrie sur les semaines et mois précédant les événements étudiés (conditions antérieures de pluviométrie ayant une influence sur la saturation des sols lors de l'événement). La pluviométrie journalière à Bajus et les moyennes mensuelles à Douai et Arras ont également été récupérées dans le cadre de l'analyse des conditions antérieures de pluviométrie.

Prolog Ingénierie dispose par ailleurs des statistiques des précipitations à la station Météo-France de Lillers pour les périodes de retour 30 min, 1 h, 2 h, 6 h, 12 h et 1 j acquises dans le cadre des études menées sur le bassin versant de la Lawe menées pour le compte de la DDTM du Pas-de-Calais. Ces statistiques seront utilisées dans la suite du rapport pour caractériser la période de retour des événements hydrologiques étudiés. Elles sont présentées dans les tableaux suivants (hauteurs de précipitations en mm).

LILLERS	Durée de la pluie						
	Période de retour	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h
5 ans	21.8	23.9	28.9	31.9	37.9	47.9	57.7
10 ans	26.2	27.9	34.2	38.2	47.4	57.3	67
20 ans	31	32.1	40.1	45.5	59.5	67.8	76.4
30 ans	34.1	34.7	43.9	50.3	68.2	74.6	81.9
50 ans	38.2	38.1	49	56.9	81.1	83.8	89
75 ans	41.7	40.9	53.3	62.7	93.2	91.7	94.6
100 ans	44.3	42.9	56.5	67	103	97.6	98.6

**Tableau 2: Statistiques à la station de Lillers sur la période 2003-2014 (source : Météo-France)**

*N.B. : Pour les périodes de retour 50, 75 et 100 ans, les lames d'eau précipitées n'augmentent pas (comme on pourrait s'y attendre) entre un épisode de durée 30 minutes et un épisode de durée 1h. D'après Météo France, cela provient des "queues de distribution des ajustements statistiques en présence d'échantillons trop faibles".*

Le tableau ci-après présente les stations Météo France étudiées et utilisées dans le cadre de la présente analyse hydrologique.

Localisation station	Id station	Type station / État	Type données
LENS	62498001	4 Ouvert	Journalière
AUBIGNY	62045002	4 Ouvert	Infra-horaire
BAJUS	62077001	4 Ouvert	Infra-horaire
LILLE-LESQUIN	59343001	1 Ouvert	Infra-horaire
LILLERS	62516002	1 Ouvert	Infra-horaire
ARRAS	62873001	1 Ouvert	Infra-horaire
DOUAI	59178001	1 Ouvert	Infra-horaire

**Tableau 3: Stations pluviométriques Météo-France présentes sur le bassin versant de la Souchez et à proximité de ce dernier**

les données pluviométriques de la CALL issues de son réseau de pluviomètres ont également été récupérées dans le cadre de la présente étude pour les 3 épisodes pluvieux historiques suivants :



- 
- Du 13/08/2015 à 0h au 14/08/2015 à 0h (heure locale),
  - Du 29/05/2016 à 0h au 02/06/2016 à 0h (heure locale),
  - Du 06/06/2016 à 0h au 09/06/2016 à 0h (heure locale).

Prolog Ingénierie dispose également des données pluviométriques horaires pour les mois de mai et juin 2016 aux stations de la DREAL d'Ourton et de Bruay-la-Buissière situées à l'Ouest du bassin versant de la Souchez. Ces données ont également été acquises dans le cadre des études menées sur le bassin versant de la Lawe pour le compte de la DDTM.

La figure suivante illustre l'emplacement des stations pluviométriques de Météo France, de la DREAL et de la CALL par rapport au bassin versant de la Souchez.

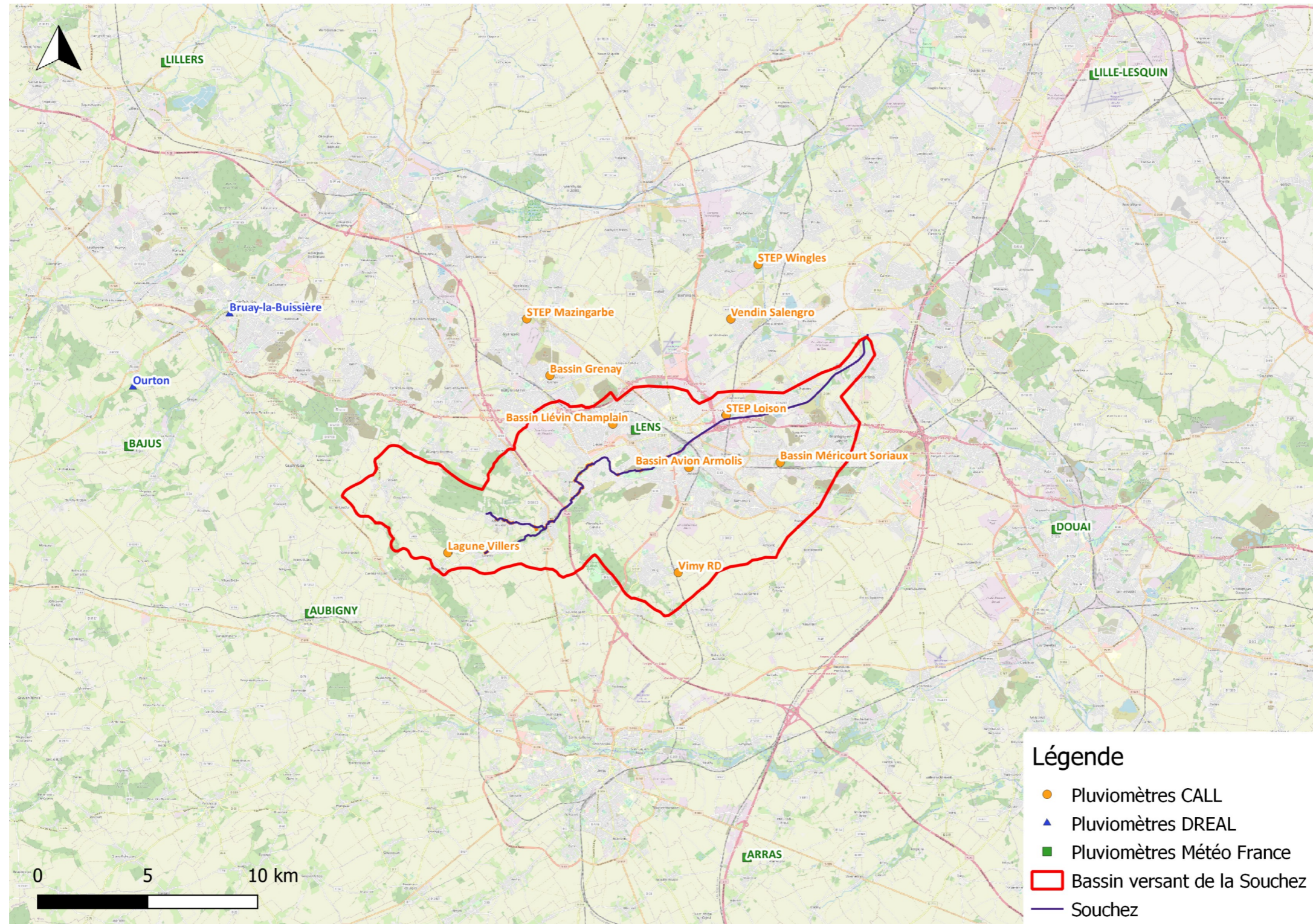


Figure 2: Localisation des stations pluviométriques sur et à proximité du bassin versant de l'Authie



### ➤ **Les données RADAR**

Deux formats d'image RADAR (Météo-France) peuvent être mobilisés afin de reconstituer les profils temporel et spatial des pluies :

- les lames d'eau ANTILOPE, disponibles depuis mai 2005, produites à partir d'un recalage des mesures RADAR brutes sur la base des pluviomètres terrestres avec une donnée par pixel (1 km<sup>2</sup>) et au pas de temps horaire ;
- les lames d'eau PANTHERE, disponibles depuis mai 2005, également basées sur les données RADAR brutes assorties d'une calibration (a priori à l'aide des pluviomètres) sensiblement moins précise que celle des lames d'eau ANTILOPE, avec une donnée par pixel (1 km<sup>2</sup>) et au pas de temps 5 min.

Dans la mesure où les données RADAR vont être exploitées pour modéliser des épisodes de forts ruissellements, associés en majorité à des épisodes pluvieux relativement courts et très intenses, il est nécessaire de disposer des lames d'eau PANTHERE au pas de temps 5 min au format grib ou tiff.

En effet, les données RADAR PANTHERE sont particulièrement adaptées à la modélisation d'événement pluvieux générateur de phénomènes de ruissellement importants dans la mesure où il s'agit d'événement de type orageux, présentant des durées totales et intenses généralement courtes, respectivement de quelques heures et quelques dizaines de minutes.

Les lames d'eau ANTILOPE, bien qu'elles disposent d'une calibration meilleure, n'ont pas été retenues en raison de leur discrétisation temporelle trop faible.

Prolog Ingénierie dispose déjà de la lame d'eau PANTHERE pour l'épisode pluvieux du 7 juin 2016 du 07/06/2016 0h au 08/06/2016 0h (UTC) acquise dans le cadre des études sur le bassin versant de la Lawe menées pour le compte de la DDTM du Pas-de-Calais.

Les lames d'eau PANTHERE suivantes ont également être acquises auprès de Météo France dans le cadre de la présente étude :

- Le 13/08/2015 de 14h à 17h (UTC),
- Du 30/05/2016 à 8h au 31/05/2016 à 6h (UTC).

## 3.2. ANALYSE DES ÉVÈNEMENTS HISTORIQUES

### 3.2.1. Analyse des données radar

Les données RADAR Météo France « PANTHERE » ont été comparées à celles des postes pluviométriques disponibles sur le territoire d'étude pour les épisodes pluvieux d'août 2015, mai 2016 et juin 2016.

### ➤ **Pluie du 13 août 2015**

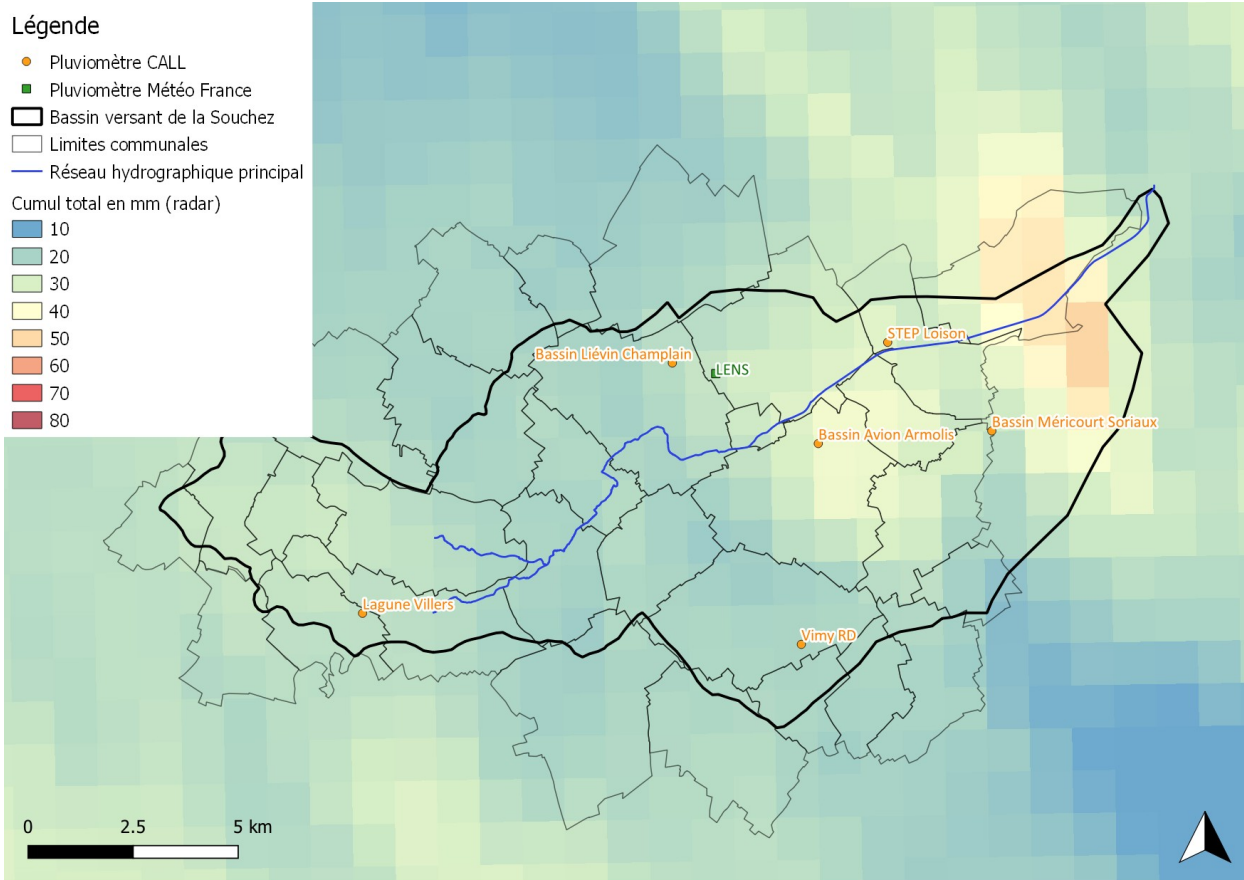
Pour l'événement d'août 2015 (de durée environ 1h), les écarts entre le RADAR Météo France et les pluviomètres terrestres sont faibles (< 10%) aux pluviomètres de Loison-sous-Lens (CALL), Vimy (CALL) et Lens (MF) mais sont significativement plus importants (entre 37 % et 43%) aux pluviomètres de Liévin, Avion et Villers-au-Bois (CALL). Par ailleurs le RADAR est par endroit supérieur aux cumuls mesurés par les pluviomètres terrestres et par endroit inférieur, il n'y a pas de surestimation ou de sous-estimation généralisée à l'échelle du bassin versant de la Souchez qui aurait éventuellement permis un recalage de l'ensemble de la donnée RADAR.

Les données sont globalement cohérentes entre le RADAR et les pluviomètres terrestres même si l'on note des écarts significatifs sur certains secteurs. Le tableau suivant illustre la comparaison entre le RADAR et les pluviomètres terrestres pour la pluie du 13 août 2015 et la figure suivante illustre les cumuls de pluie mesurés par le RADAR.

	<b>CUMUL EVENEMENT (mm) sur 1h</b>		<b>ECART (%)</b>
	<b>RADAR PANTHERE</b>	<b>PLUVIO</b>	
PLUVIO LIEVIN	23.3	36.70	37%
PLUVIO AVION	36.4	25.60	42%
PLUVIO LOISON	32.4	31.20	4%
PLUVIO VILLERS AU BOIS	24.8	43.19	43%
PLUVIO VIMY	21.0	19.20	9%
PLUVIO LENS MF	26.5	28.80	8%

**Tableau 4: Comparaison entre le RADAR et les pluviomètres terrestres pour la pluie du 13 août 2015**

*N.B. : Le pluviomètre de Méricourt a été écarté de l'analyse en raison d'une mesure a priori incohérente.*



**Figure 3: Cumuls de pluie mesurés par le RADAR lors de l'épisode du 13 août 2015**

### ➤ **Pluie du 30-31 mai 2016**

Pour l'événement du 30-31 mai 2016 (de durée environ 21h), l'écart entre le RADAR Météo France et les pluviomètres terrestres est faible ( $< 10\%$ ) au pluviomètre de Lens (MF) et reste limité ( $< 20\%$ ) à Vimy (CALL) mais il est relativement élevé (entre 29% et 39%) aux pluviomètres de Méricourt, Liévin, Avion et Loison-sous-Lens (CALL). On note que le RADAR est systématiquement inférieur aux cumuls mesurés aux pluviomètres terrestres, il est donc possible que le RADAR sous-estime légèrement les précipitations pour cet événement.

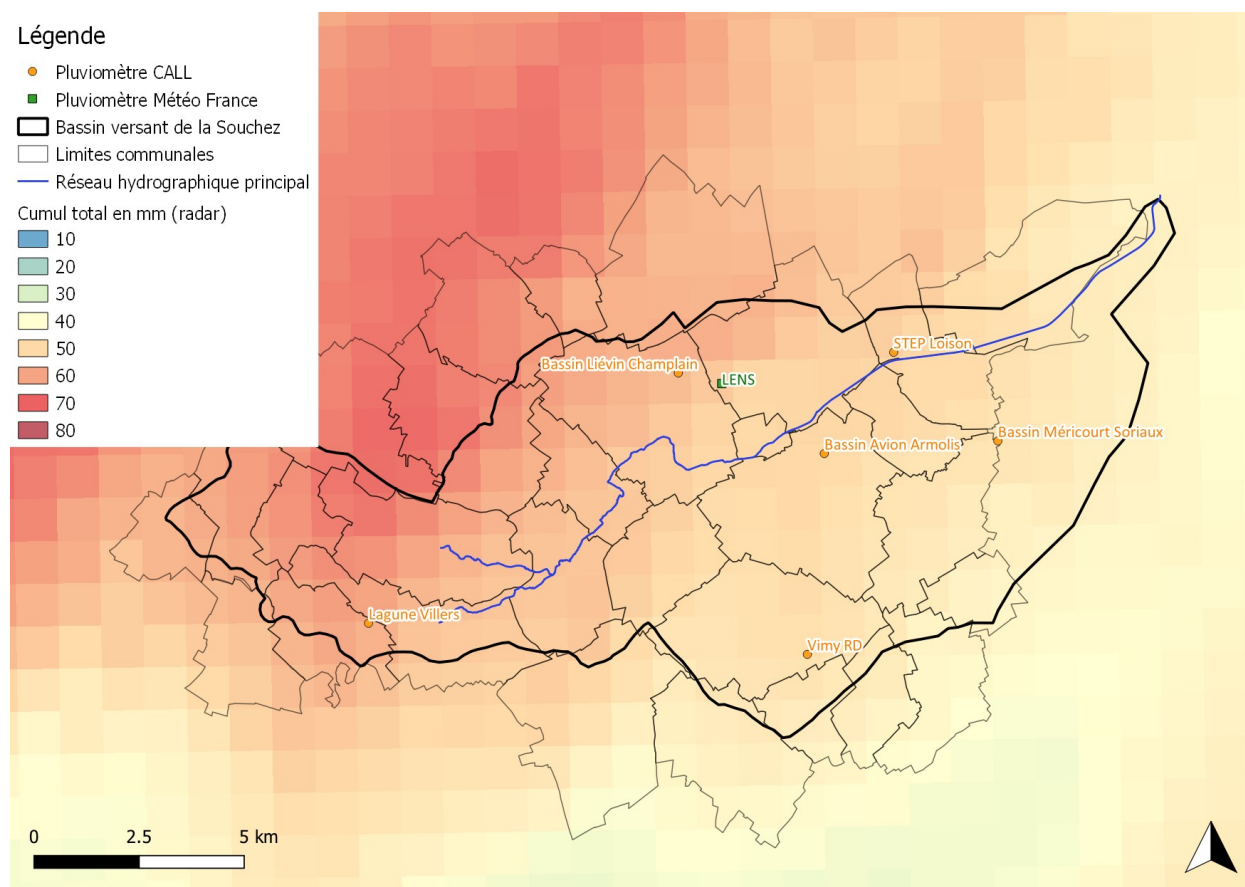
Les données sont globalement cohérentes entre le RADAR et les pluviomètres terrestres même si l'on note des écarts significatifs sur certains secteurs. Le RADAR de Météo France sera utilisé pour la modélisation de cet événement. Une attention particulière sera toutefois portée sur les secteurs présentant des écarts importants avec le RADAR lors du calage du modèle hydraulique. Les pluviomètres terrestres pourront être supposés représentatifs de l'orage et utilisés sur certains secteurs si nécessaire.

Le tableau suivant illustre la comparaison entre le RADAR et les pluviomètres terrestres pour la pluie du 30-31 mai 2016 et la figure suivante illustre les cumuls de pluie mesurés par le RADAR.

	CUMUL EVENEMENT (mm) sur 21h		ECART (%)
	RADAR PANTHERE	PLUVIO	
PLUVIO MERICOURT	46.73	66.40	30%
PLUVIO LIEVIN	55.43	90.20	39%
PLUVIO AVION	49.59	69.60	29%
PLUVIO LOISON	52.06	74.60	30%
PLUVIO VIMY	48.37	58.20	17%
PLUVIO LENS MF	53.18	58.40	9%

**Tableau 5: Comparaison entre le RADAR et les pluviomètres terrestres pour la pluie du 30-31 mai 2016**

*N.B.* : Le pluviomètre de Villers-au-Bois a été écarté de l'analyse en raison d'une mesure a priori incohérente.



**Figure 4: Cumuls de pluie mesurés par le RADAR lors de l'épisode du 30-31 mai 2016**

### ➤ **Pluie du 7 juin 2016**

Pour l'événement du 7 juin 2016 (de durée totale environ 5h mais de période intense 1h), l'écart entre le RADAR Météo France et les pluviomètres terrestres est faible (< 10%) au pluviomètre de Lens (MF) et reste limité (< 20 %) à Liévin (CALL). Il est cependant plus élevé (entre 21% et 37%) aux pluviomètres de Méricourt, Avion et Loison-sous-Lens (CALL).

La pluviométrie présente une importante hétérogénéité au sein même du bassin versant de la Souchez. On observe des variations très importantes (par endroit du simple au double) dans les cumuls de précipitation d'un pixel à l'autre du RADAR Météo France. Cette forte hétérogénéité peut expliquer les écarts par endroits un peu plus élevés entre le RADAR Météo France et les pluviomètres terrestres. En effet, les cumuls étant moyennés au sein de chacun des pixels de 1 km<sup>2</sup>, il est probable que les différences de cumuls soient par endroits importantes au sein même d'un pixel.

On note que le RADAR est par endroit supérieur aux cumuls mesurés par les pluviomètres terrestres et par endroit inférieur, il n'y a pas de surestimation ou de sous-estimation généralisée à l'échelle du bassin versant de la Souchez qui aurait éventuellement permis un recalage de l'ensemble de la donnée RADAR.

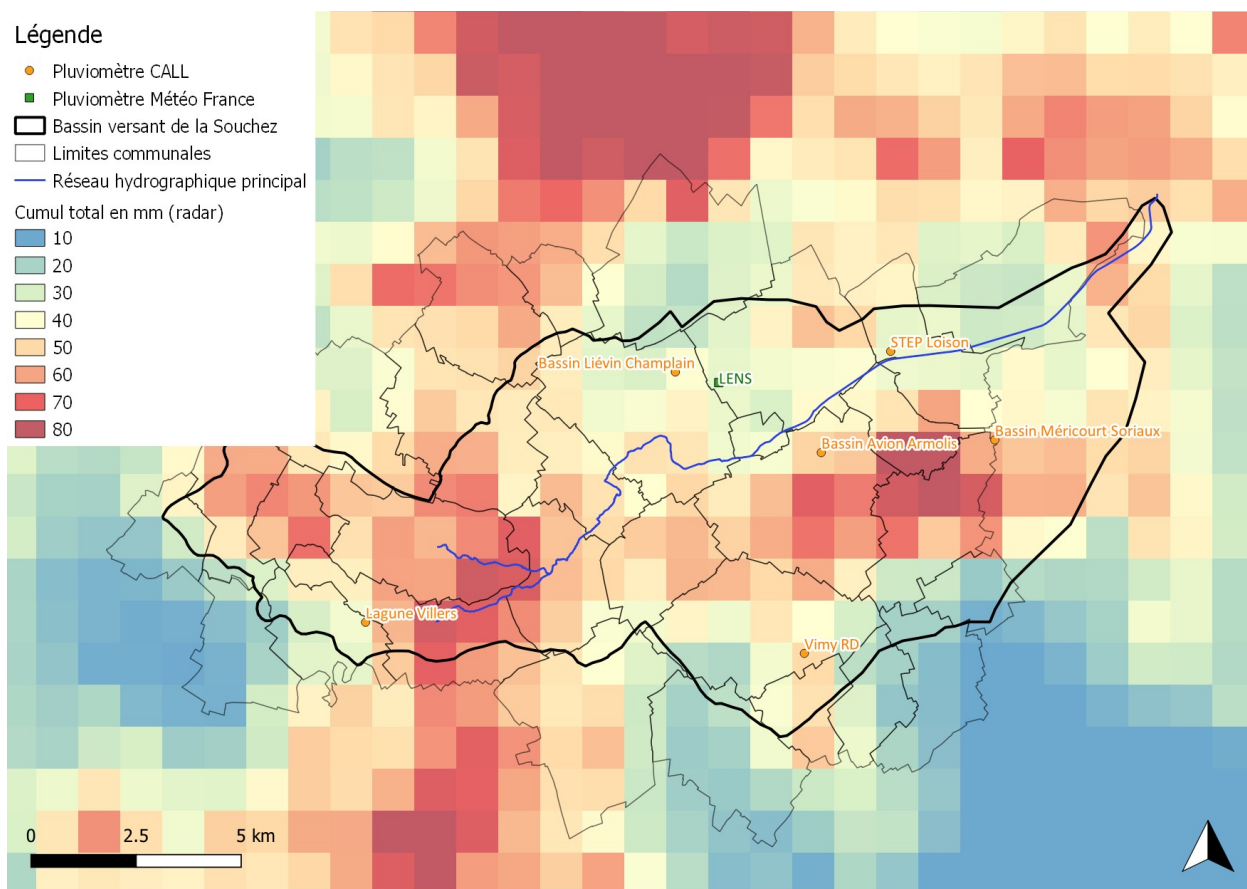
Au regard de la forte hétérogénéité des précipitations à l'échelle du bassin versant de la Souchez, les données RADAR et celles des pluviomètres terrestres sont jugées globalement cohérentes. Le RADAR de Météo France sera utilisé pour la modélisation de cet événement. Une attention particulière sera toutefois portée sur les secteurs présentant des écarts un peu plus importants avec le RADAR lors du calage du modèle hydraulique. Les pluviomètres terrestres pourront être supposés représentatifs de l'orage et utilisés sur certains secteurs si nécessaire.

Le tableau suivant illustre la comparaison entre le RADAR et les pluviomètres terrestres pour la pluie du 7 juin 2016 et la figure suivante illustre les cumuls de pluie mesurés par le RADAR.

	CUMUL EVENEMENT (mm) sur 5h		ECART (%)
	RADAR PANTHERE	PLUVIO	
PLUVIO MERICOURT	58.6	42.60	37%
PLUVIO LIEVIN	39.6	34.30	16%
PLUVIO AVION	51.0	41.20	24%
PLUVIO LOISON	36.2	45.60	21%
PLUVIO LENS MF	34.2	36.00	5%

**Tableau 6: Comparaison entre le RADAR et les pluviomètres terrestres pour la pluie du 7 juin 2016**

*N.B. : Les pluviomètres de Villers-au-Bois et Vimy ont été écartés de l'analyse en raison d'une mesure a priori incohérente.*



**Figure 5: Cumuls de pluie mesurés par le RADAR lors de l'épisode du 7 juin 2016**

### 3.2.2. Analyse des principaux évènements hydrologiques

Comme évoqué précédemment, les principaux événements récents à l'origine d'inondations importantes (débordements et phénomènes de ruissellement importants) sur le bassin versant de la Souchez sont les suivants :

- Pluie du 13/08/2015,
- Pluie du 30 et 31/05/2016,
- Pluie du 07/06/2016.

Ces événements sont étudiés et caractérisés dans les paragraphes suivants du point de vue pluviométrique (cumuls, conditions antécédentes de pluviométrie, etc.) sur la base des données collectées.

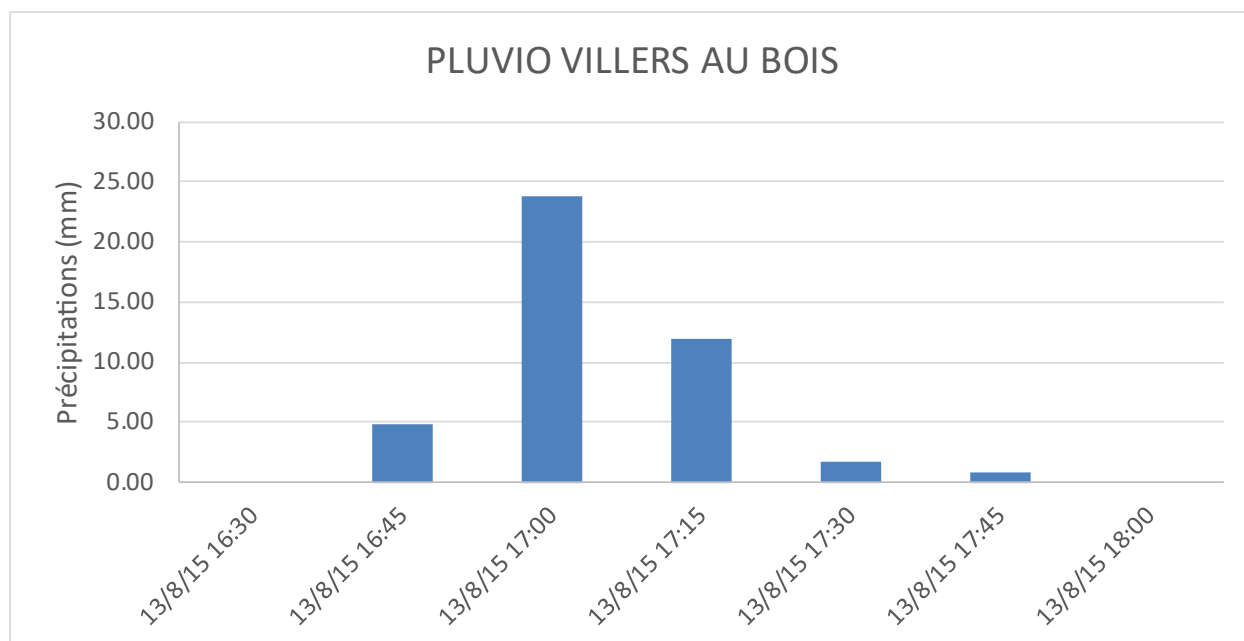
#### ➤ **Pluie du 13/08/2015**

Des averses se développent et circulent dans un flux de Sud à Sud-Ouest instable sur l'Est du département. Les cellules orageuses s'évacuent rapidement mais sont de très fortes

intensités. Elles débutent en fin d'après-midi le 13/08/2015 et se poursuivent jusqu'en première partie de soirée. 2 communes ont ainsi fait l'objet d'un arrêté CATNAT sur le bassin versant de la Souchez : Ablain-Saint-Nazaire et Harnes.

18 repères de crue ont été identifiés pour cet épisode pluvieux dans le cadre des entretiens réalisés avec les communes lors de la Phase 1.

La figure suivante illustre le hyétogramme de l'épisode pluvieux sur la commune de Villers-au-Bois. Ce dernier a eu lieu sur environ 1h entre 16h30 et 17h30 (heure locale) avec une période intense d'environ 30 min entre 16h45 et 17h15 (heure locale). Les cumuls enregistrés aux pluviomètres de Villers-au-Bois (CALL) ont atteint environ 42 mm sur toute la durée de l'événement (et 36 mm sur la période intense de 30 min).



**Figure 6: Hyétogramme de l'épisode pluvieux du 13/08/15 sur la commune de Villers-au-Bois**

Le tableau suivant illustre les périodes de retour de l'épisode pluvieux du 13/08/2015 estimées à partir des données statistiques à Lillers pour l'ensemble des pluviomètres de la CALL positionnés sur le bassin versant de la Souchez. Les périodes de retour sont évaluées pour des durées de pluie de 30 min (durée de la période intense) et 1h (durée de l'événement).

Poste	Cumul max sur 30 min (mm)	Période de retour (Lillers)
PLUVIO MERICOURT	11.40	< 5 ans
PLUVIO LIEVIN	34.80	30 ans
PLUVIO AVION	24.00	5 - 10 ans
PLUVIO LOISON	27.00	10 ans
PLUVIO VILLERS AU BOIS	35.82	30 - 50 ans
PLUVIO VIMY	18.00	< 5 ans

**Tableau 7: Période de retour estimée de l'épisode pluvieux du 13/08/15 sur 30 min pour l'ensemble des pluviomètres de la CALL (source : Météo-France)**

Poste	Cumul max sur 1h (mm)	Période de retour (Lillers)
PLUVIO MERICOURT	12.20	< 5 ans
PLUVIO LIEVIN	36.40	30 - 50 ans
PLUVIO AVION	25.20	5 - 10 ans
PLUVIO LOISON	30.60	10 - 20 ans
PLUVIO VILLERS AU BOIS	42.43	100 ans
PLUVIO VIMY	19.20	< 5 ans

**Tableau 8: Période de retour estimée de l'épisode pluvieux du 13/08/15 sur 1 h pour l'ensemble des pluviomètres de la CALL (source : Météo-France)**

Parmi les pluviomètres de la CALL, les cumuls les plus importants sur 30 min ont été enregistrés à Villers-au-Bois (environ 36 mm). La période de retour sur 30 min de l'épisode pluvieux à Villers-au-Bois est de l'ordre de 30-50 ans. Toujours sur 30 min, les périodes de retour aux autres différents pluviomètres de la CALL sont supérieures à 5-10 ans (excepté à Vimy et Méricourt sur la partie Sud et Est du bassin versant de la Souchez).

Toujours parmi les pluviomètres de la CALL, les cumuls les plus importants sur 1 h ont également été enregistrés à Villers-au-Bois (environ 42 mm). La période de retour sur 1 h de l'épisode pluvieux à Villers-au-Bois est de l'ordre de 100 ans. Toujours sur 1 h, les périodes de retour aux autres pluviomètres de la CALL sont également supérieures à 5-10 ans (excepté à Vimy et Méricourt sur la partie Sud et Est du bassin versant de la Souchez).

Le RADAR illustre le fait que la pluviométrie a été plus importante sur la partie aval du bassin versant (ce qui ne ressort pas de l'analyse des pluviomètres terrestres de la CALL). A titre de comparaison, sur le bassin versant de la Souchez, le RADAR indique des cumuls maximum de l'ordre de 46 mm sur la commune de Harnes (période de retour supérieure à 100 ans sur 1h).

Par ailleurs, dans le cadre de son rapport météorologique des pluies du 13 août 2015, Météo France avait évalué les cumuls sur 1h sur les communes d'Ablain-Saint-Nazaire, Harnes et Lens situées sur le bassin versant de la Souchez :



- Ablain-Saint-Nazaire : 39 mm en 1h,
- Harnes : 63 mm en 1h,
- Lens : 46 mm en 1h.

Au regard des statistiques disponibles à la station de Lillers, ces cumuls correspondent aux périodes de retour suivantes :

- Ablain-Saint-Nazaire : environ 50 ans,
- Harnes : supérieure à 100 ans,
- Lens : supérieure à 100 ans.

**Notre analyse est globalement cohérente avec les estimations de Météo France, l'événement du 13 août 2015 est localement de période de retour 100 ans ou plus sur 1h, notamment sur la partie aval du bassin versant de la Souchez.**

Le tableau ci-après présente la pluviométrie enregistrée à la station Météo France de Lens avant l'événement du 13/08/2015. La pluviométrie journalière à Lens a été récupérée sur les 2 mois précédant l'épisode pluvieux du 13/08/2015. A titre de comparaison les moyennes mensuelles pour le mois d'août ont également été récupérées aux stations Météo France de Douai et Arras ainsi qu'aux stations DREAL d'Ourton et Bruay-la-Buissière.

Station pluviométrique	Lens
Pluviométrie les 2 mois précédant l'événement (mm)	82.9
Pluviométrie le mois précédant l'événement (mm)	45.7
Pluviométrie les 15 jours précédant l'événement (mm)	5.1
Pluviométrie les 5 jours précédant l'événement (mm)	0.0
Moyenne mensuelle août Douai (mm)	62.4
Moyenne mensuelle août Arras (mm)	62.9
Moyenne mensuelle août Ourton (mm)	67.7
Moyenne mensuelle août Bruay-la-Buissière (mm)	67

**Tableau 9: Pluviométrie enregistrée à la station Météo France de Lens avant l'événement du 13/08/2015**

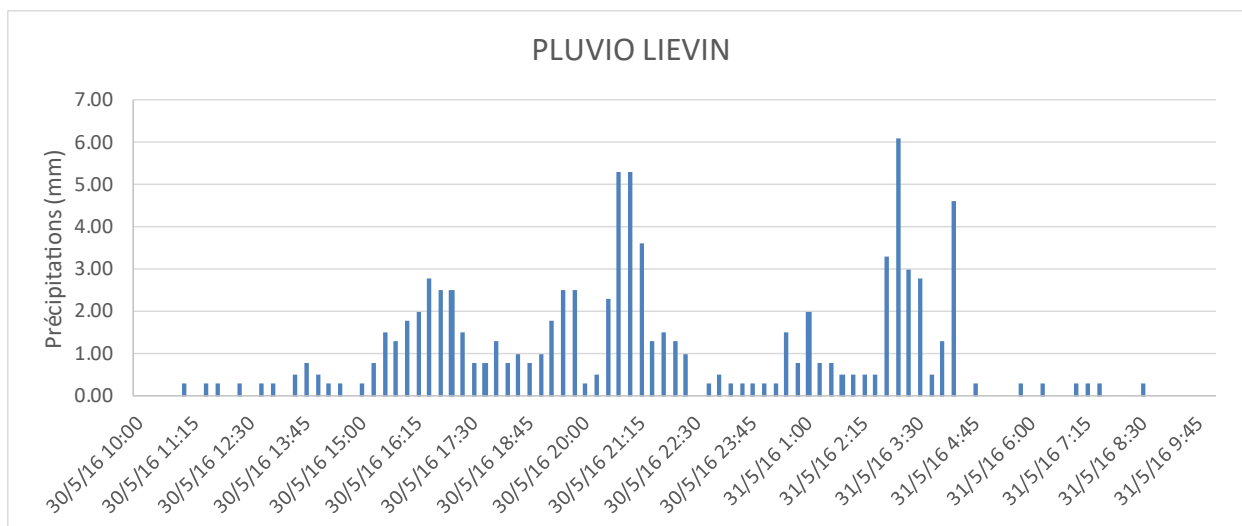
Il a globalement très peu plu avant l'épisode du 13/08/2015, 0 mm dans les 5 jours qui ont précédé l'événement, 5.1 mm dans les 15 jours précédents (soit moins d'1/10e de la pluviométrie moyenne mensuelle en août aux stations Météo France et DREAL situées à proximité immédiate du territoire d'étude) et 45.7 mm dans le mois précédent (soit environ 2/3 de la pluviométrie moyenne mensuelle pour le mois d'août). **Les sols sont globalement secs au début de l'épisode pluvieux du 13 août 2015.**

### ➤ **Pluie du 30 au 31 mai 2016**

Cet événement a été marqué par une pluie globalement continue entre 11h le 30/05/16 et 8h le 31/05/16 (heures locales) avec des intensités peu marquées mais des cumuls importants. Aux pluviomètres de la CALL, les cumuls enregistrés ont atteint environ 91 mm à Liévin sur toute la durée de l'événement (soit environ 21h). Les communes d'Ablain-Saint-Nazaire, Aix-Noulette, Angres, Bouvigny-Boyeffles, Bully-les-Mines, Carency, Servins, Souchez, Avion, Grenay et Neuville-Saint-Vaast ont fait l'objet d'un arrêté CATNAT pour les inondations et coulées de boue du 29 mai 2016 au 8 juin 2016. Le secteur le plus touché est la partie amont du bassin versant de la Souchez.

15 repères de crue ont été identifiés pour cet épisode pluvieux dans le cadre des entretiens réalisés avec les communes lors de la Phase 1.

La figure suivante illustre le hyétogramme de l'épisode pluvieux sur la commune de Liévin.



**Figure 7: Hyétogramme de l'épisode pluvieux des 30 et 31/05/16 sur la commune de Liévin**

Le tableau suivant illustre les périodes de retour de l'épisode pluvieux des 30 et 31/05/2016 estimées à partir des données statistiques à Lillers pour l'ensemble des pluviomètres de la CALL positionnés sur le bassin versant de la Souchez. Les périodes de retour sont évaluées pour des durées de pluie de 24h (environ la durée de l'événement).



Poste	Cumul max sur 24h (mm)	Période de retour (Lillers)
PLUVIO MERICOURT	66.40	10 ans
PLUVIO LIEVIN	90.80	50 ans
PLUVIO AVION	69.60	10 - 20 ans
PLUVIO LOISON	74.80	20 ans
PLUVIO VIMY	58.40	5 ans
PLUVIO LENS MF	58.40	5 ans

**Tableau 10: Période de retour estimée de l'épisode pluvieux des 30 et 31/05/16 sur 24 h pour l'ensemble des pluviomètres de la CALL (source : Météo-France)**

Le RADAR illustre le fait que la pluviométrie a été plus importante sur la moitié amont du bassin versant (en amont de Liévin).

Parmi les pluviomètres de la CALL, les cumuls les plus importants sur 24 h ont été enregistrés à Liévin (environ 91 mm). La période de retour sur 24 h de l'épisode pluvieux à Liévin est de l'ordre de 50 ans. Toujours sur 24 h, les périodes de retour aux autres pluviomètres de la CALL sont toutes supérieures à 10 ans (excepté à Vimy et Lens en partie Sud et Nord du bassin versant de la Souchez où la période de retour est inférieure).

**Ainsi la période de retour de la pluie du 30-31 mai 2016 est localement de l'ordre de 50 ans sur 24h, notamment sur la partie amont du bassin versant de la Souchez.**

Le tableau ci-après présente la pluviométrie enregistrée aux stations Météo France de Lens, Aubigny et Bajus avant l'événement du 30 et 31/05/2016. La pluviométrie journalière à Lens, Aubigny et Bajus sur les 2 mois précédant l'épisode pluvieux est issue des études menées sur le bassin versant de la Lawe pour le compte de la DDTM 62. A titre de comparaison les moyennes mensuelles pour le mois de mai ont également été récupérées aux stations Météo France de Douai et Arras ainsi qu'aux stations DREAL d'Ourton et Bruay-la-Buissière.



Station pluviométrique	Lens	Aubigny	Bajus
Pluviométrie les 2 mois précédant l'événement (mm)	119.6	137.5	149.7
Pluviométrie le mois précédant l'événement (mm)	75.9	80.6	89.4
Pluviométrie les 15 jours précédant l'événement (mm)	48.3	55.4	55.8
Pluviométrie les 5 jours précédant l'événement (mm)	5.9	15.5	13.8
Moyenne mensuelle mai Douai (mm)		57.5	
Moyenne mensuelle mai Arras (mm)		59.6	
Moyenne mensuelle mai Ourton (mm)		64.9	
Moyenne mensuelle mai Bruay-la-Buissière (mm)		58.0	

**Tableau 11: Pluviométrie enregistrée à la station Météo France de Lens avant l'événement du 30 et 31/05/2016**

Il a plu avant l'épisode du 30 et 31/05/2016, environ 6 mm à Lens dans les 5 jours qui ont précédé l'événement, près de 50 mm dans les 15 jours précédents (soit environ 80 % de la pluviométrie moyenne mensuelle en mai aux stations Météo France et DREAL situées à proximité immédiate du territoire d'étude) et environ 76 mm dans le mois précédent (soit environ 1.3 fois la pluviométrie moyenne mensuelle pour le mois de mai). **Les sols sont ainsi légèrement saturés au début de l'épisode pluvieux du 30-31 mai 2016.**

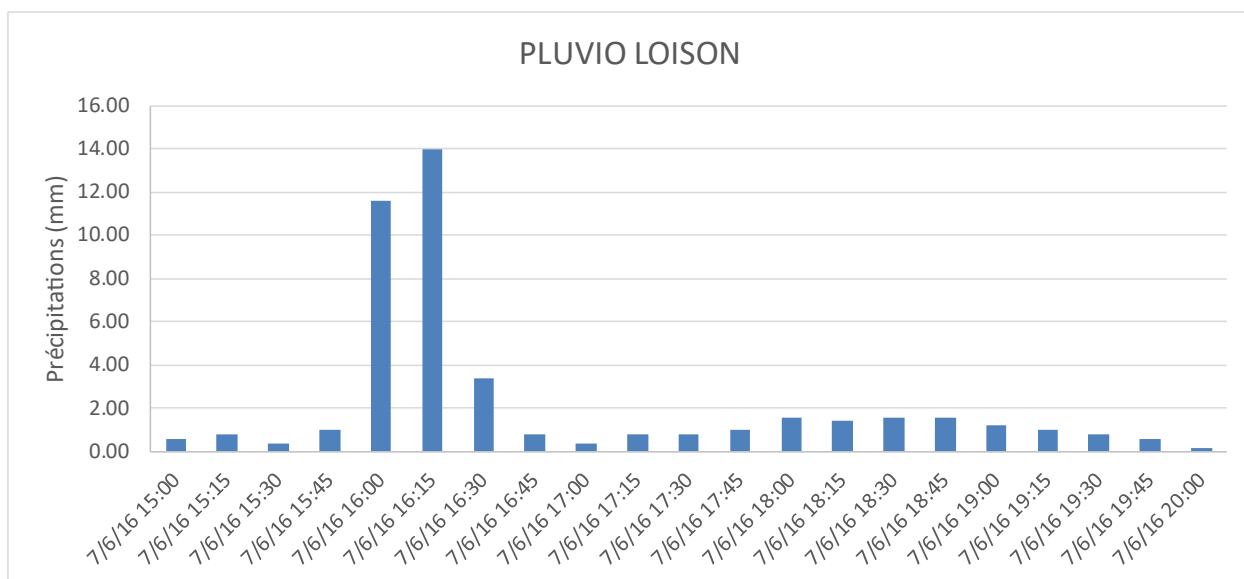
#### ➤ **Pluie du 7 juin 2016**

Des pluies diluviennes se sont abattues dans le Pas-de-Calais, essentiellement sur un axe central entre Montreuil-sur-mer et le bassin minier ainsi que sur l'Arrageois. Les orages ont parfois été accompagnés de vent. Des rafales à 90km/h ont notamment été mesurées à Lesquin. L'épisode a eu lieu globalement entre 15h et 20h (heures locales) le 07/07/2016 avec des intensités ponctuellement et localement très importantes.

Les cumuls enregistrés ont atteint environ 46 mm au pluviomètre de Loison-sous-Lens (CALL) sur toute la durée de l'événement (soit 5h) et 30 mm sur une période intense d'environ 1h entre 15h30 et 16h30 (heures locales). Les communes d'Ablain-Saint-Nazaire, Aix-Noulette, Angres, Bouvigny-Boyeffles, Bully-les-Mines, Carency, Servins, Souchez, Avion, Grenay et Neuville-Saint-Vaast ont fait l'objet d'un arrêté CATNAT pour les inondations et coulées de boue du 29 mai 2016 au 8 juin 2016.

103 repères de crue ont été identifiés pour cette épisode pluvieux dans le cadre des entretiens réalisés avec les communes lors de la Phase 1.

La figure suivante illustre le hyétogramme de l'épisode pluvieux sur la commune de Loison-sous-Lens.



**Figure 8: Hyetogramme de l'épisode pluvieux du 07/06/16 sur la commune de Loison-sous-Lens**

Le tableau suivant illustre les périodes de retour de l'épisode pluvieux du 07/06/2016 estimées à partir des données statistiques à Lillers pour l'ensemble des pluviomètres de la CALL positionnés sur le bassin versant de la Souchez. Les périodes de retour sont évaluées pour des durées de pluie de 1h (durée de la période intense) et 6h (approximativement la durée de l'événement).

Poste	Cumul max sur 1h (mm)	Période de retour (Lillers)
PLUVIO MERICOURT	20.20	< 5ans
PLUVIO LIEVIN	18.80	< 5ans
PLUVIO AVION	21.20	< 5ans
PLUVIO LOISON	30.00	10-20 ans
PLUVIO VIMY	18.20	< 5ans

**Tableau 12: Période de retour estimée de l'épisode pluvieux du 07/06/16 sur 1 h pour l'ensemble des pluviomètres de la CALL (source : Météo-France)**

Poste	Cumul max sur 6h (mm)	Période de retour (Lillers)
PLUVIO MERICOURT	42.60	5 - 10 ans
PLUVIO LIEVIN	34.30	< 5ans
PLUVIO AVION	41.20	5 - 10 ans
PLUVIO LOISON	45.60	10 ans
PLUVIO VIMY	24.00	< 5ans

**Tableau 13: Période de retour estimée de l'épisode pluvieux du 07/06/16 sur 6 h pour l'ensemble des pluviomètres de la CALL (source : Météo-France)**



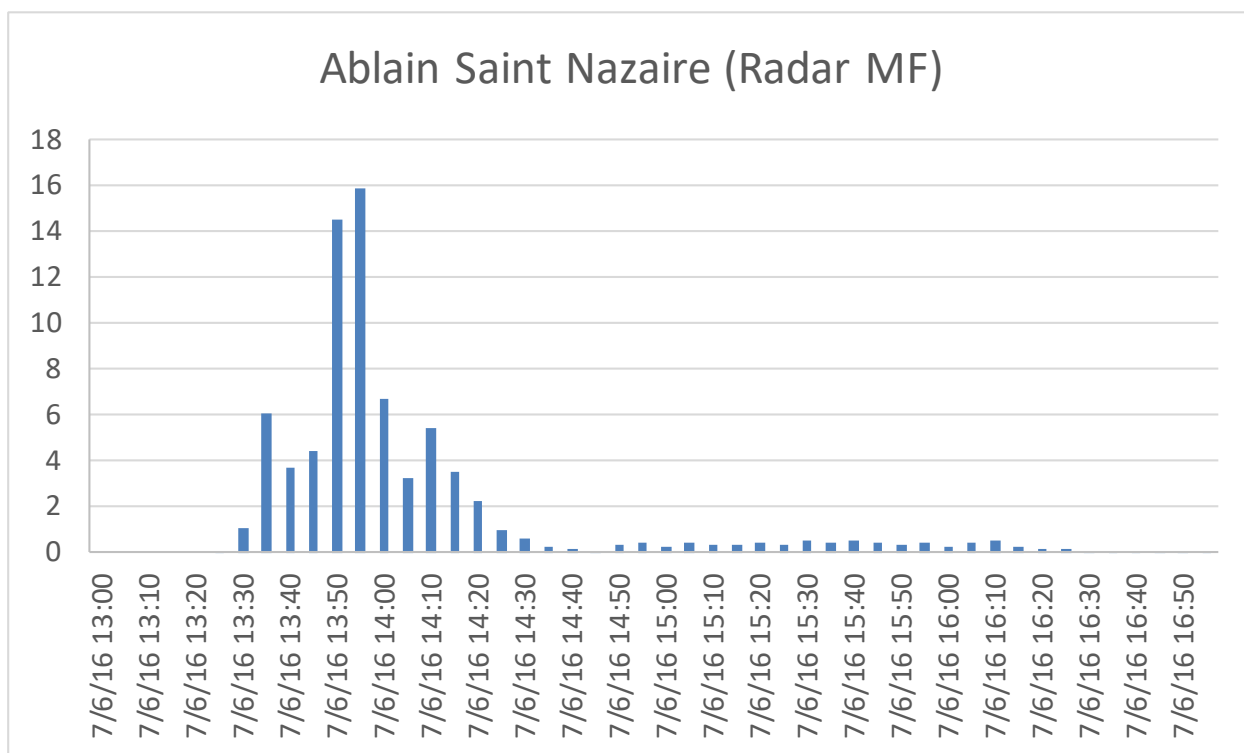
Parmi les pluviomètres de la CALL, les cumuls les plus importants sur 1 h (durée de la période intense) ont été enregistrés à Loison-sous-Lens (environ 30 mm). La période de retour sur 1 h de l'épisode pluvieux à Loison-sous-Lens est de l'ordre de 10-20 ans. Toujours sur 1 h, les périodes de retour aux autres pluviomètres de la CALL sur le bassin versant de la Souchez sont inférieures à 5 ans.

Toujours parmi les pluviomètres de la CALL, les cumuls les plus importants sur 6 h (durée approximative de l'événement) ont également été enregistrés au pluviomètre de Loison-sous-Lens (environ 46 mm). La période de retour sur 6 h de l'épisode pluvieux à Loison-sous-Lens est de l'ordre de 10 ans. Toujours sur 6 h, les périodes de retour aux autres pluviomètres de la CALL sont comprises entre 5 et 10 ans.

Le RADAR illustre le fait que la pluviométrie a été très hétérogène sur le bassin versant de la Souchez lors de cet événement. Les cumuls varient par endroit du simple au double entre 2 pixels voisins du RADAR. D'après les informations recueillies dans le cadre de la Phase 1, les communes de Souchez et Ablain-Saint-Nazaire ont été particulièrement touchées lors de cet épisode. D'après le RADAR il a plu ponctuellement jusqu'à 77 mm sur la durée de l'événement (68 mm en 1 heure) sur la commune d'Ablain-Saint-Nazaire. Ces cumuls à Ablain-Saint-Nazaire sont de période de retour largement supérieure à 100 ans.

**Ainsi, même si les cumuls mesurés aux pluviomètres de la CALL ne sont pas très importants, la période de retour de la pluie du 7 juin 2016 est localement largement supérieure à 100 ans sur 1h, notamment à l'amont du bassin versant sur les communes de Souchez et Ablain-Saint-Nazaire et à l'aval sur les communes de Méricourt et Sallaumines.**

La figure suivante illustre le hyétogramme de la pluie du 7 juin 2016 issu du RADAR Météo France sur un pixel de la commune d'Ablain-Saint-Nazaire.



**Figure 9: Hyétogramme de l'épisode pluvieux du 07/06/16 issu du RADAR Météo France sur la commune d'Ablain-Saint-Nazaire**

Le tableau ci-après présente la pluviométrie enregistrée aux stations Météo France de Lens, Aubigny et Bajus avant l'événement du 07/06/2016. La pluviométrie journalière à Lens, Aubigny et Bajus sur les 2 mois précédant l'épisode pluvieux est issue des études menées sur le bassin versant de la Lawe pour le compte de la DDTM 62. A titre de comparaison les moyennes mensuelles pour le mois de mai ont également été récupérées aux stations Météo France de Douai et Arras ainsi qu'aux stations DREAL d'Ourton et Bruay-la-Buissière.

Station pluviométrique	Lens	Aubigny	Bajus
Pluviométrie les 3 mois précédant l'événement (mm)	223.4	258.9	289.0
Pluviométrie les 2 mois précédant l'événement (mm)	188.3	210.8	243.6
Pluviométrie le mois précédant l'événement (mm)	151.2	168.7	197.7
Pluviométrie les 15 jours précédant l'événement (mm)	82.1	104.4	123.2
Pluviométrie les 5 jours précédant l'événement (mm)	14.0	5.9	14.6
Moyenne mensuelle juin Douai (mm)		64.6	
Moyenne mensuelle juin Arras (mm)		62.5	
Moyenne mensuelle juin Ourton (mm)		64.2	
Moyenne mensuelle juin Bruay-la-Buissière (mm)		58.1	

**Tableau 14: Pluviométrie enregistrée à la station Météo France de Lens avant l'événement du 07/06/2016**

Il a beaucoup plu avant l'épisode du 07/06/2016, en raison notamment de l'épisode pluvieux exceptionnel des 30 et 31 mai 2016 (cf. ci-dessus). En effet, il est tombé environ 14 mm à Lens dans les 5 jours qui ont précédé l'événement, 82 mm dans les 15 jours précédents (soit environ 1.3 fois la pluviométrie moyenne mensuelle en juin aux stations Météo France et DREAL situées à proximité immédiate du territoire d'étude) et environ 151 mm dans le mois précédent (soit près de 2.5 fois la pluviométrie moyenne mensuelle pour le mois de juin). **Les sols sont ainsi largement saturés au début de l'épisode pluvieux du 7 juin 2016.**

En conclusion, les données de pluie retenues pour la modélisation des événements de calage sont les lames d'eau RADAR PANTHERE et cela même s'il existe des écarts avec certains pluviomètres selon les événements. Dans le cas d'une modélisation hydrologique de type pluie-débit ou pluie-ruissellement, les données RADAR présentent l'avantage de caractériser la répartition spatiale de l'événement pluvieux. Cette caractérisation de la répartition spatiale d'une pluie est en effet plus difficile voire impossible avec des données terrestres uniquement.

*N.B. : Par acquis de conscience, les lames d'eau RADAR ANTILOPE ont également été étudiées dans le cadre de l'analyse ci-dessus. Il s'avère que les écarts avec les pluviomètres terrestres ne sont pas moins importants que dans le cas des lames d'eau PANTHERE.*

### 3.2.3. Événements retenus pour le calage des modèles hydrauliques

Au regard du caractère très récent et bien documenté (nombreux repères de crue identifiés lors des enquêtes de terrain et levés par le géomètre) des épisodes pluvieux de fin mai et





---

début juin 2016, il est proposé de les retenir pour le calage et la validation des modèles hydrologiques et hydrauliques :

- 7 juin 2016 pour le calage des modèles hydrologiques et hydrauliques,
- 30-31 mai 2016 pour la validation du calage.

En effet, 103 repères de crue ont été identifiés et levés pour l'événement du 7 juin 2016 et 15 pour l'événement des 30 et 31 mai 2016.

## 4. PÉRIMÈTRE DE LA MODÉLISATION

### 4.1. COMMUNES RETENUES

Conformément au CCTP, la présente étude porte sur 31 communes du bassin versant de la Souchez : Ablain-Saint-Nazaire, Acheville, Aix-Noulette, Angres, Arleux-en-Gohelle, Avion, Bouvigny-Boyeffles, Bully-les-Mines, Camblain-L'Abbé, Carency, Eleu-dit-Leauwette, Estrée-Cauchy, Farbus, Givenchy-en-Gohelle, Gouy-Servins, Grenay, Lens, Liévin, Loison-sous-Lens, Loos-en-Gohelle, Méricourt, Neuville-Saint-Vaast, Noyelles-sous-Lens, Sallaumines, Servins, Souchez, Thélus, Villers-au-Bois, Vimy, Willerval et Harnes.

Certaines communes ne sont pas intégralement situées à l'intérieur du bassin versant de la Souchez, d'autres sont même essentiellement situées à l'extérieur du bassin versant. Le tableau suivant illustre la proportion de chaque commune située à l'intérieur du bassin versant de la Souchez.

Commune	% à l'intérieur du BV
Ablain-Saint-Nazaire	100%
Acheville	84%
Aix-Noulette	49%
Angres	100%
Arleux-en-Gohelle	15%
Avion	100%
Bouvigny-Boyeffles	16%
Bully-les-Mines	9%
Camblain-L'Abbe	3%
Carency	71%
Eleu-dit-Leauwette	100%
Estrée-Cauchy	24%
Farbus	66%
Givenchy-en-Gohelle	99%
Gouy-Servins	100%
Grenay	4%
Harnes	42%
Lens	82%
Lievin	100%
Loison-sous-Lens	57%
Loos-en-Gohelle	7%
Mericourt	100%
Neuville-Saint-Vaast	7%
Noyelles-sous-Lens	100%
Sallaumines	100%
Servins	72%
Souchez	99%
Thélus	7%
Villers-au-Bois	60%
Vimy	98%
Willerval	16%

**Tableau 15: Proportion de chaque commune à l'intérieur du bassin versant de la Souchez**

PROLOG INGÉNIERIE

Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez – Phase 3  
- Livrable L4 : Détermination de l'aléa de référence -

R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

07/2022



Les communes de Arleux-en-Gohelle, Bouvigny-Boyeffles, Bully-les-Mines, Camblain-L'Abbé, Estrée-Cauchy, Grenay, Loos-en-Gohelle, Neuville-Saint-Vaast, Thélus et Willerval possèdent notamment moins de 25 % de leur territoire à l'intérieur du bassin versant de la Souchez. D'après les enquêtes de terrain, il s'avère par ailleurs que ces communes situées en limite de bassin versant ne sont pas soumises au risque d'inondation par débordement de cours d'eau et pas particulièrement non plus au risque d'inondation par ruissellement. Les communes dont moins de 25 % de la superficie se situe à l'intérieur du bassin versant de la Souchez ont été écartées du périmètre d'étude (validé lors du COTEC du 09/09/2020). L'aléa inondation par débordement de cours et ruissellement ne sera pas caractérisé ni cartographié sur ces communes.

Les communes de Loison-sous-Lens, Noyelles-sous-Lens et Harnes situées sur la partie aval du bassin versant de la Souchez (en amont de la confluence entre le canal de Lens avec le canal de dérivation de la Scarpe en provenance de Douai) ne semblent pas soumises au risque de débordement de cours d'eau d'après les entretiens avec les communes. D'après les cartes du TRI de Lens, elles sont toutefois inondables par débordement du canal de Lens pour le scénario extrême de période de retour environ 1000 ans. Elles feront donc l'objet d'une caractérisation de l'aléa débordement de cours d'eau pour chacun des scénarios fréquent, moyen et extrême.

**L'ensemble des communes dont plus de 25 % de la superficie se situe à l'intérieur du bassin versant de la Souchez feront l'objet d'une caractérisation de l'aléa débordement de cours d'eau et ruissellement.**

Les Phases 1 et 2 de l'étude ont également mis en évidence que 5 communes situées sur le bassin versant de la Souchez ne figuraient pas dans le périmètre tel qu'il avait été défini dans le cahier des charges, il s'agit des communes de Fouquières-lès-Lens, Montigny-en-Gohelle, Billy-Montigny, Courrières et Rouvroy.

Ces communes ont été contactées et/ou rencontrées par la DDTM 62 pour évoquer et décider de leur intégration ou non au périmètre de l'étude. La DDTM 62 tire les conclusions ci-dessous de ces entretiens :

Les épisodes de septembre 2014 et juillet 2005 ont été marquants pour les communes de Rouvroy, Montigny-en-Gohelle et Fouquières-lès-Lens. Les réseaux ont été saturés suite à des pluies intenses et quelques secteurs ont été inondés très localement (inondations systématiquement liées à des problématiques de saturation du réseau d'assainissement).

La commune de Rouvroy est intéressée par le fait de disposer d'éléments cartographiques précis sur les inondations car certains secteurs de la commune sont susceptibles d'être urbanisés.

Les communes de l'aval considèrent quant à elles que ce n'est pas nécessaire. Les rares inondations sont très localisées et les communes estiment qu'elles peuvent les gérer en améliorant le réseau d'assainissement pluvial. De plus, des prescriptions en matière d'urbanisme sont déjà imposées pour les secteurs soumis aux phénomènes de remontée de nappe principalement.

Les communes reconnaissent également qu'elles ne sont pas favorables au fait d'afficher et de porter à connaissance des cartes de zones inondables pour un événement de période de



retour 100 ans, car un tel événement ne s'est jamais produit et parce que cela risquerait de diminuer la valeur des biens immobiliers et bloquer certains projets.

Les réseaux d'assainissement sont complexes (ils ne sont d'ailleurs pas intégrés aux modèles hydrauliques construits) et les inondations sont également liées à des pannes de pompe. De plus la DDTM n'a pas eu le possibilité de rencontrer les communes de Billy-Montigny et de Courrières.

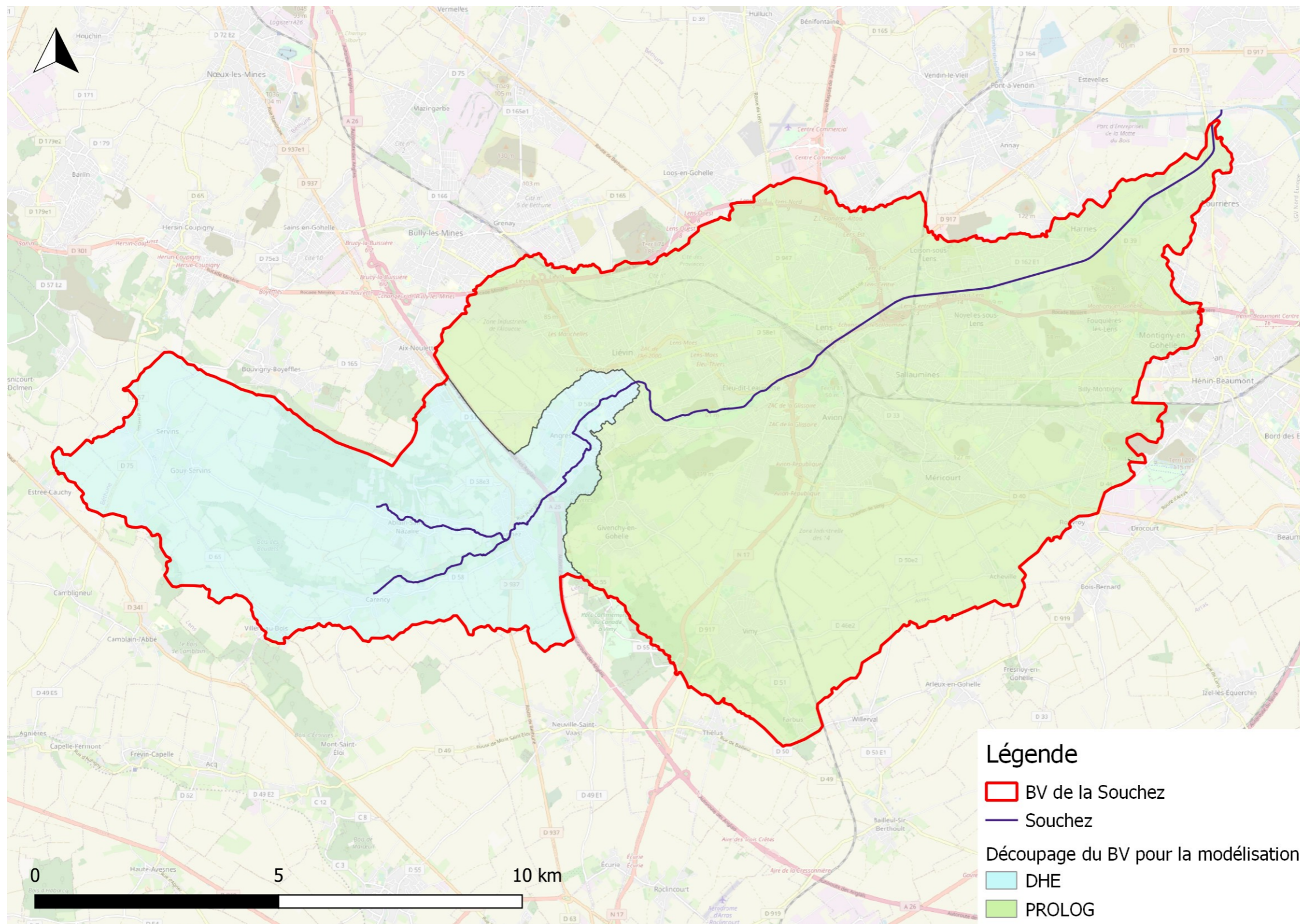
L'intégration de ces communes au périmètre d'étude supposerait de réaliser des investigations de terrain complémentaires pour étudier le fonctionnement hydraulique complexe de ces dernières et probablement une campagne de levés topographiques supplémentaires.

La DDTM 62 a ainsi décidé de ne pas intégrer ces communes au périmètre de l'étude (communes aval très urbanisées et risque d'inondation essentiellement lié aux dysfonctionnements des réseaux d'assainissement et aux phénomènes de remontée de nappe ce que les modèles hydrauliques construits dans le cadre de la présente étude ne permettent pas de représenter).

***N.B.** : Il est important de préciser que les modèles hydrologiques et hydrauliques construits (cf. suite du présent rapport) intègre l'intégralité du périmètre du bassin versant hydrographique de la Souchez, y compris les territoires des communes écartées du périmètre de l'étude. Les outils de modélisation étant construits, l'aléa inondation pourra toujours être caractérisé dans un second si c'est souhaité.*

#### 4.2. DÉCOUPAGE DU TERRITOIRE D'ÉTUDE ENTRE PROLOG INGÉNIERIE ET DH&E

Prolog Ingénierie et DH&E se sont répartis la modélisation hydrologique et hydraulique sur le bassin versant de la Souchez selon un découpage amont / aval pour la caractérisation de l'aléa inondation par débordement de cours d'eau et ruissellement. DH&E construit, cale et exploite le « modèle amont » du bassin versant de la Souchez et Prolog Ingénierie le « modèle aval ». La figure suivante illustre le découpage amont / aval.



**Figure 10: Découpage amont / aval du BV de la Souchez entre Prolog Ingénierie et DH&E pour la caractérisation de l'aléa inondation par débordement de cours d'eau et ruissellement**

### 4.3. STRATÉGIE DE MODÉLISATION : 3 OUTILS COMPLÉMENTAIRES

Dans le cadre du calage du modèle hydrologique de transformation de pluie en débit, la préparation des modèles hydrauliques spécifiques à la représentation des phénomènes de débordements de rivières d'une part et de ruissellement d'autre part a été effectuée.

Il s'agit ainsi de disposer de 2 outils complémentaires pour d'une part valoriser au mieux les repères de crue existants (comparaison avec les niveaux d'eaux calculés à partir des débits injectés issue de la modélisation hydrologique HEC-HMS), et d'autre part disposer d'une autre estimation des débits également issus du modèle de ruissellement.

#### Plusieurs outils mis en œuvre pour évaluer / fiabiliser les débits des crues de mai et juin 2016 :

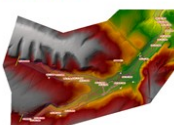
1 : Modélisation pluie-Débit  
=> Outil HEC-HMS



Calculer les débits en différents points du territoire en transformant les pluies en débit (ou volume d'eau)



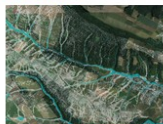
2 : Modélisation hydraulique (débordement des rivières)  
=> Outil HEC-RAS



Transformer le débit (ou volume d'eau) en niveau d'eau pour valoriser les repères de crue



3 : Modélisation hydraulique (ruissellement)  
=> Outil HEC-RAS



Transformer la pluie / l'excès de pluie en niveau d'eau et le propager sur l'ensemble du bassin versant pour représenter la dynamique du ruissellement



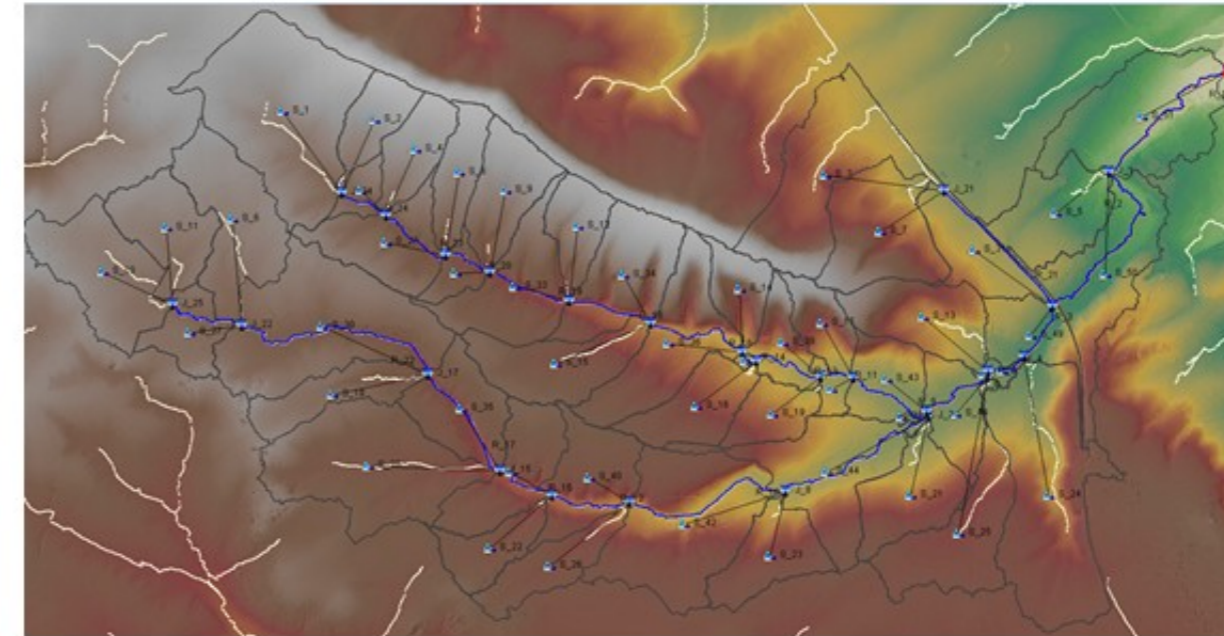
**Figure 11: Synoptique des outils développés**

## 1 : Modélisation pluie-Débit => Outil HEC-HMS

### Descriptif de l'outil :

- Découpage en sous-bassins versants de production
- Définition des caractéristiques des sous-bassins versants : surface, pente, longueur des chemins d'écoulement, occupation des sols, pédologie,...
- Spécification des paramètres des sous-bassins versants : capacité d'absorption / temps de réponse
- Intégration des données de pluie Radar de Météo France

=> Calcul d'un hydrogramme (débit en fonction du temps) en différents points de la zone d'étude



### Objectifs :

- Estimer les débits en différents points du bassin versant à partir des données de pluie radar

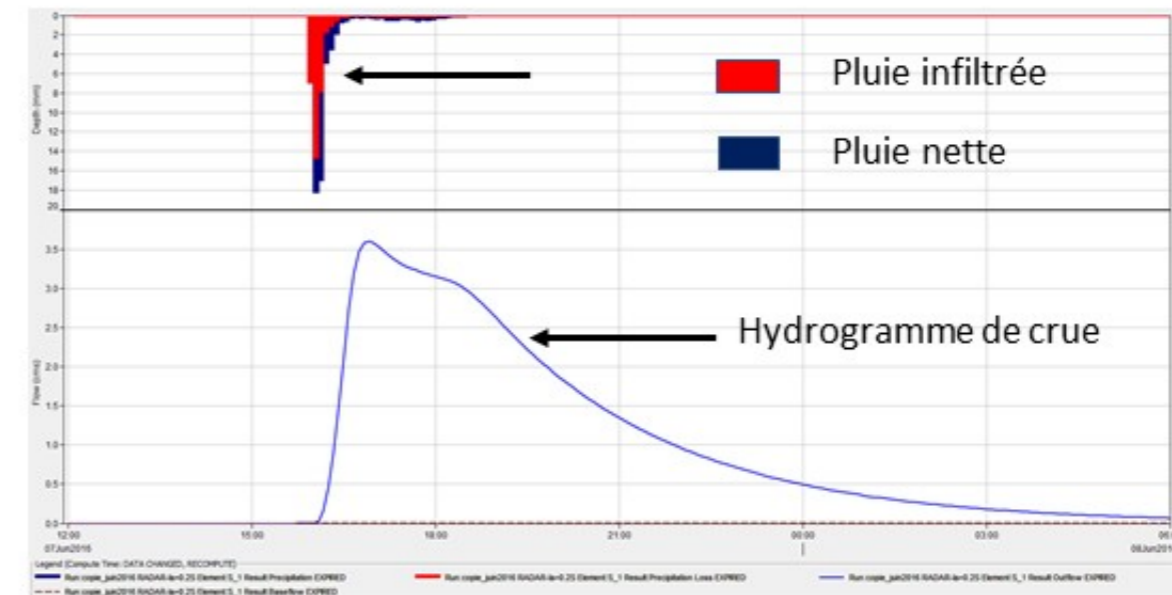


Figure 12: Modélisation pluie-débit – Outil HEC-HMS

## 2 : Modélisation hydraulique (débordement des rivières) => Outil HEC-RAS 1

### Descriptif de l'outil :

- Intégration de la bathymétrie du lit mineur (relevés géométriques réalisés par la DDTM 62) et la topographie du lit majeur (Lidar de l'IGN)
- Intégration des ouvrages (relevés géométriques réalisés par la DDTM 62)
- Définition des coefficients de frottement pour les différents types d'occupation du sol
- Intégration des principaux bâtiments faisant obstacle aux écoulements
- Injection d'hydrogrammes de crue

=> Calcul du niveau d'eau en chaque point de la zone de calcul hydraulique



### Objectifs :

- Estimer les débits en différents points du bassin versant par rapport au repère de crue
- Fiabiliser les débits calculés sous HEC HMS en réinjectant ces débits dans le modèle hydraulique

Injection des débits issus d'HEC HMS pour comparer avec les repères de crue

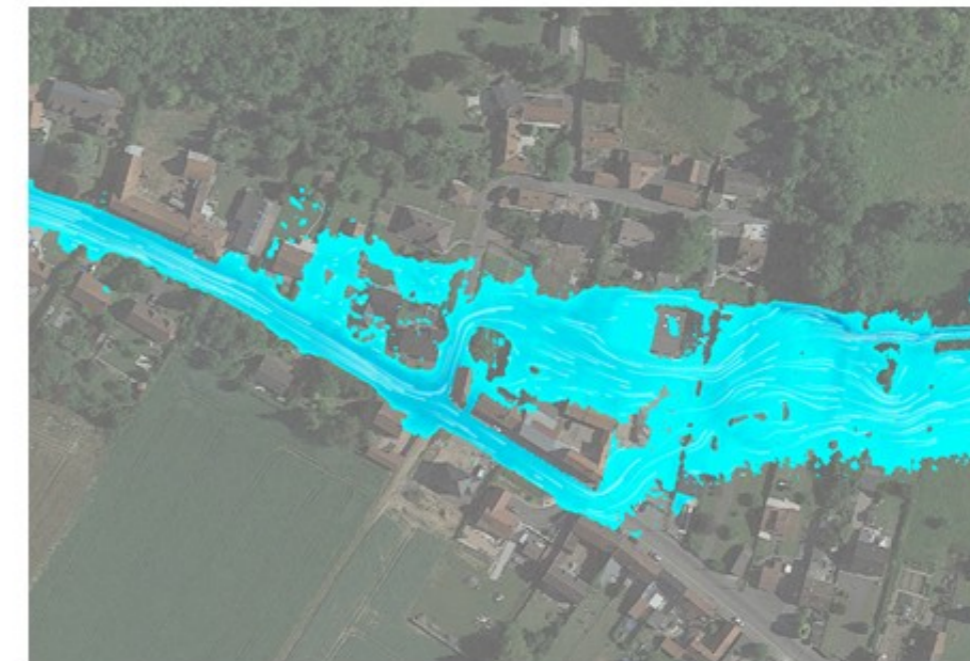
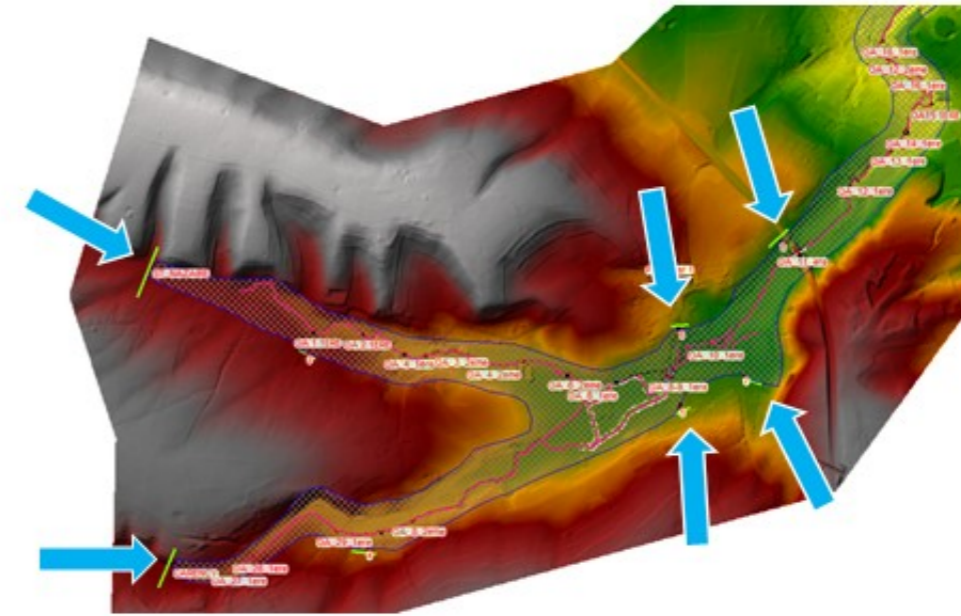


Figure 13: Modélisation hydraulique « débordement de cours d'eau » – Outil HEC-RAS 1

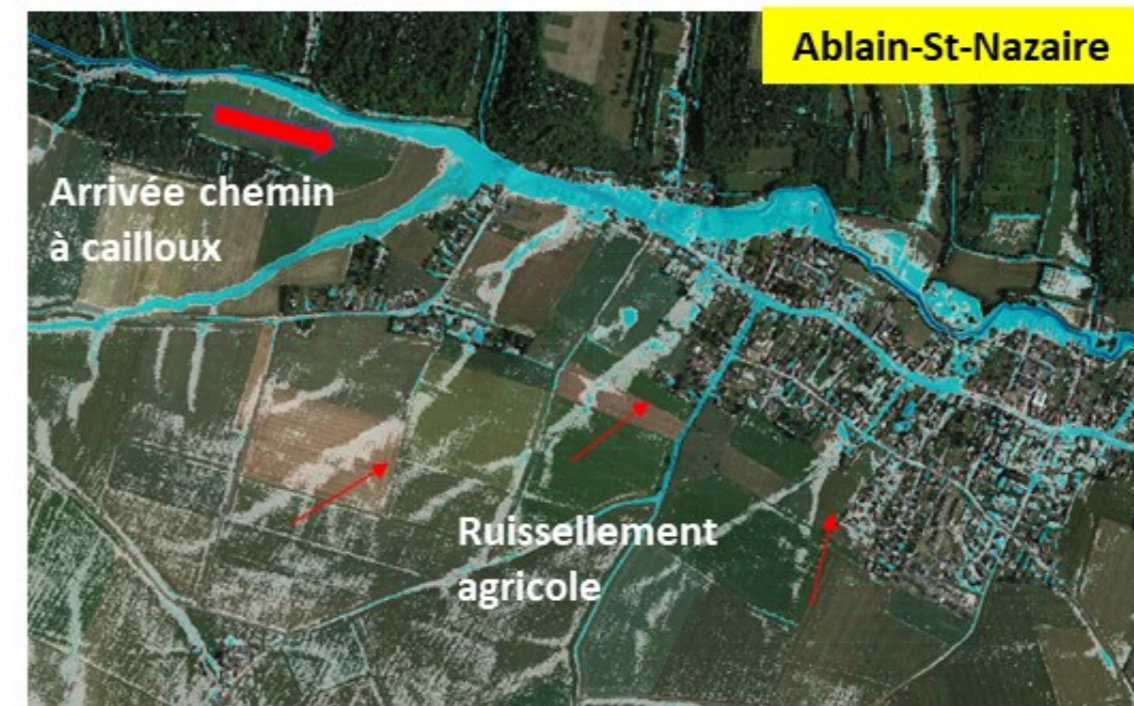


### 3 : Modélisation hydraulique (ruissellement) => Outil HEC-RAS 2

#### Descriptif de l'outil :

- Intégration de la topographie du bassin versant
- Définition des coefficients d'infiltration et de frottement pour les différents types d'occupation du sol
- Intégration des principaux bâtiments faisant obstacle aux écoulements
- Application de la pluie Radar Météo France

=> Calcul du niveau d'eau en chaque point de la zone de calcul hydraulique



#### Objectifs :

- Estimer les niveaux d'eau sur les zones d'accumulation du ruissellement
- Apprécier les principales zones d'apport par le ruissellement

Figure 14: Modélisation hydraulique « ruissellement » – Outil HEC-RAS 2

## 5. MODÉLISATION DE L'ALÉA DÉBORDEMENT DE COURS D'EAU

Ce chapitre s'attache à décrire la méthode proposée pour représenter les débordements de Souchez et de ses principaux affluents en période de crue.

Les logiciels de modélisation utilisés pour la caractérisation de l'aléa débordement de cours d'eau sont les logiciels HEC-HMS 4.7 (modélisation hydrologique) et HEC-RAS 5.0.7 (modélisation hydraulique). Ce dernier résout les équations de Barré-de-Saint-Venant en régime transitoire dans leurs versions unidimensionnelle et bidimensionnelle.

### 5.1. APPROCHE PLUIE-DÉBIT À L'ÉCHELLE DU BASSIN VERSANT

Afin de caractériser les apports hydrologiques contribuant à la génération des crues de la Souchez, l'approche numérique retenue consiste à modéliser, à l'aide du logiciel HEC-HMS, la transformation de la pluie en débit sur l'ensemble du bassin versant hydrographique (modélisation hydrologique), y compris sur les communes qui ne sont pas étudiées dans le cadre de la présente étude. Cette méthode est privilégiée en raison de l'absence de station hydrométriques sur la Souchez.

Par ailleurs l'approche pluie-débit possède une plus-value importante par rapport à la méthode probabiliste (lois statistiques) qui exploite les mesures hydrométriques :

- elle permet de représenter les hétérogénéités et variations de l'occupation des sols à l'échelle du bassin versant,
- elle permet d'estimer la réponse de chaque sous bassin versant à la pluie,
- elle permet de rendre compte des décalages entre les différentes contributions du bassin versant, et par conséquent des mécanismes de propagation des crues au sein du réseau hydrographique principal.

La mise en œuvre de cette méthode repose sur l'exploitation des données pluviométriques et des caractéristiques de chaque sous-bassins versants (plus long chemin hydraulique, pente, superficie, etc.) pour générer des hydrogrammes sur chacun de ces derniers.

Cependant l'approche pluie-débit seule ne permet pas de qualifier l'occurrence des crues simulées. En effet, une pluie d'occurrence donnée ne conduit pas nécessairement à une crue de même occurrence. Malheureusement l'absence de données hydrométriques sur la Souchez ne permet pas de caractériser les débits de crue et leur occurrence.

Prolog Ingénierie possédant une bonne connaissance du fonctionnement hydraulique de certains bassins versants voisins et très similaires à celui de la Souchez (notamment le bassin versant de la Lawe), les débits de crue de la Souchez sont estimés par analogie avec ceux de la Lawe et servent de points de comparaison et d'ajustement dans le cadre du calage du modèle.

Le modèle pluie-débit (modèle hydrologique) constitue ensuite la donnée d'entrée du modèle hydraulique présenté au chapitre 5.2 ci-après et permettant quant à lui de propager l'onde de crue (estimation des hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement au sein du réseau hydrographique modélisé) et de cartographier les débordements, et donc l'aléa, générés par les apports hydrologiques.

### 5.1.1. [Les principes théoriques de l'approche](#)

Globalement, la modélisation hydrologique de type pluie-débit permet de passer d'un hyétogramme représentant la pluie tombant sur un sous-bassin versant à un hydrogramme représentant le débit restitué à l'exutoire de ce sous-bassin versant. Elle permet donc d'estimer les apports des sous-bassins versants du territoire d'étude vers la Souchez et ses principaux affluents.

Traditionnellement, un modèle hydrologique HEC-HMS repose sur 4 composantes principales :

- une pluie réelle observée ou une pluie de projet qui est une représentation simplifiée du phénomène pluvieux à l'origine de la formation de la crue ;
- une fonction de production, qui permet de représenter le passage de la pluie brute à la pluie nette en évaluant les pertes (par infiltration notamment) ;
- une fonction de transfert, qui permet de représenter le passage de la pluie nette à l'hydrogramme de crue à l'exutoire de chaque sous-bassin versant ;
- une fonction de propagation, qui permet de propager les hydrogrammes de crue calculés le long du réseau hydrographique principal.

Le logiciel HEC-HMS permet la modélisation hydrologique d'un bassin versant à partir de diverses fonctions de production et de transfert. Il permet également la propagation des écoulements (onde cinématique, Muskingum, etc.) en régime permanent ou transitoire.

Les fonctions de production et de transfert dépendent de différents paramètres en fonction du modèle hydrologique choisi (l'occupation du sol, la perméabilité des sols du bassin versant, l'état de saturation du sol avant l'événement pluvieux, etc.).

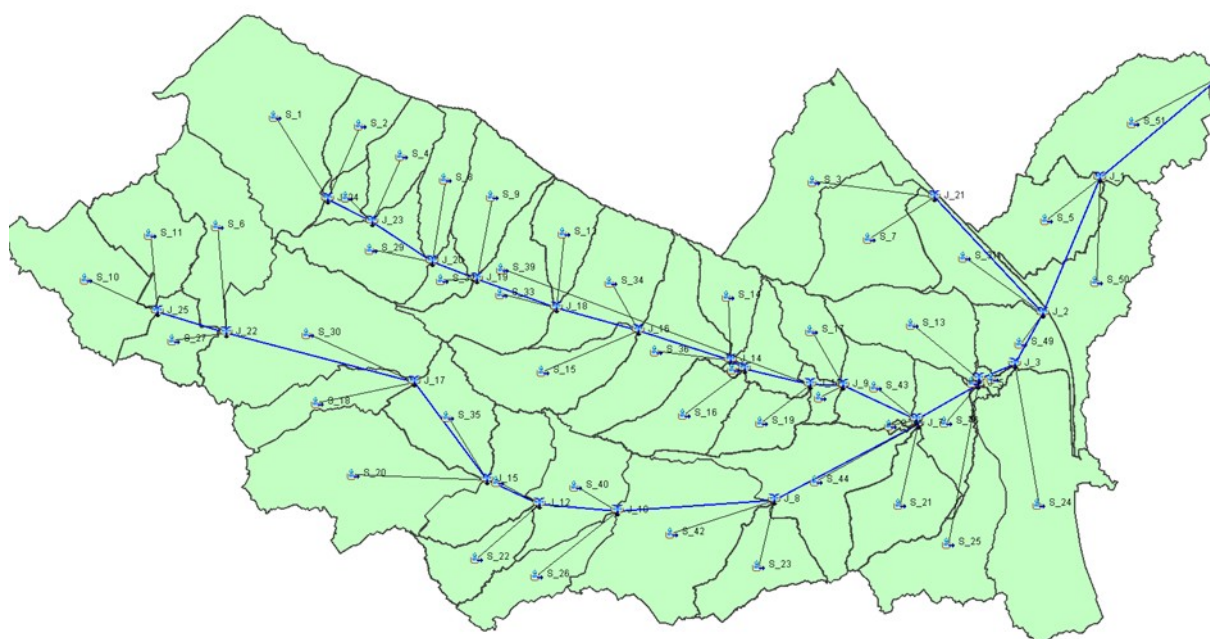
### 5.1.2. [Découpage du territoire en sous-bassins versants](#)

La première étape dans la mise en œuvre de la méthode pluie-débit consiste à découper l'ensemble du bassin versant de la Souchez en sous-bassins versants. L'objectif du découpage en sous-bassins versants est de représenter finement la contribution propre à chaque sous-bassin au débit de la Souchez et de ses affluents. Le bassin versant de la Souchez a été découpé en 70 sous-bassins versants sur la base du réseau hydrographique structurant et de la topographie.

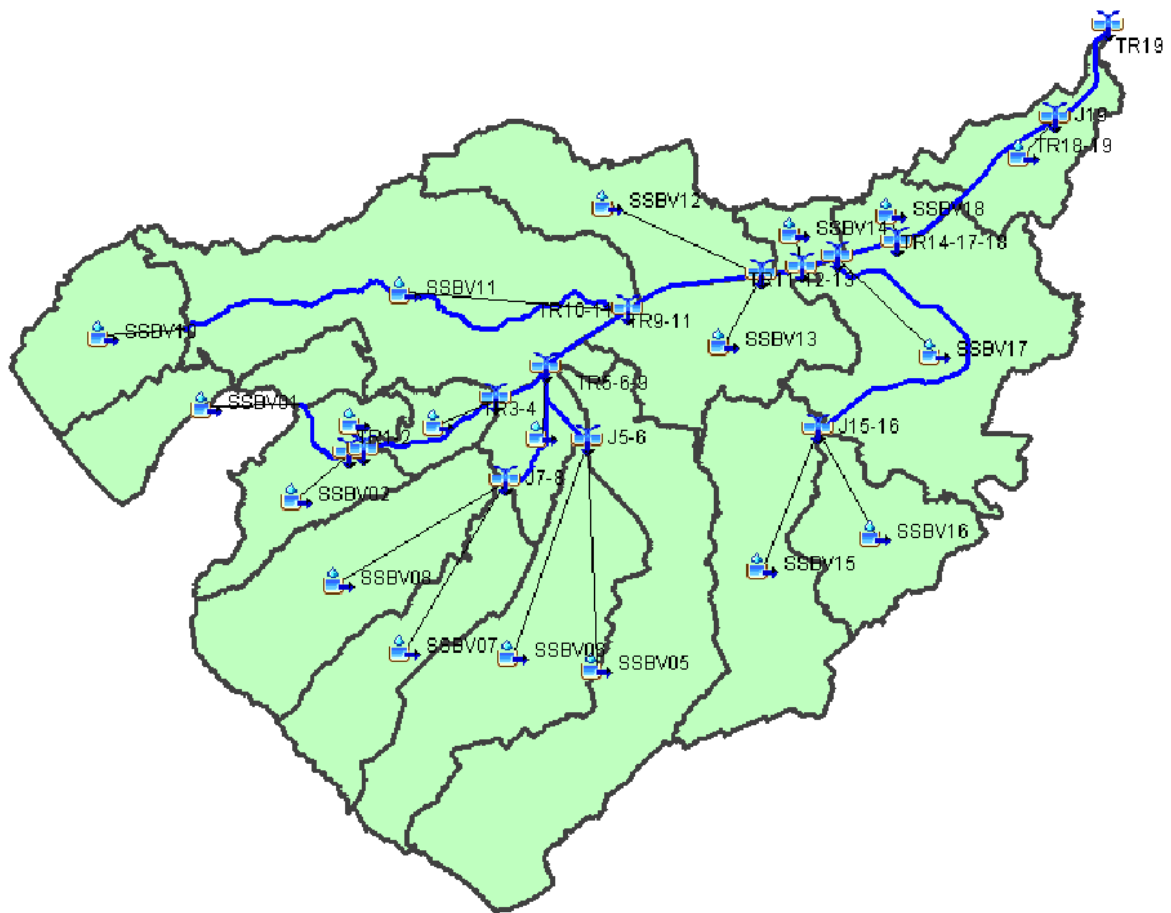
Pour chacun des sous-bassins versants, les caractéristiques suivantes ont été évaluées :

- Surface ;
- Plus long chemin hydraulique ;
- Pente ;
- Type de sol ;
- Occupation du sol.

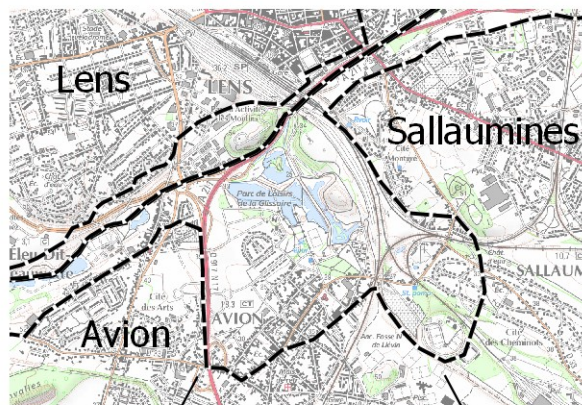
Les figures suivantes illustrent les modèles hydrologiques amont et aval, découpés respectivement selon 51 et 19 sous-bassins versants, sous le logiciel HEC-HMS.



**Figure 15: Illustration du modèle hydrologique HEC-HMS sur la partie amont du bassin versant de la Souchez (source : DH&E)**



**Figure 16: Illustration du modèle hydrologique HEC-HMS sur la partie aval du bassin versant de la Souchez (source : Prolog Ingénierie)**



- Limites du modèle débordement aval  
 Occupation des sols,  
 Corine Land Cover 2018
- Tissu urbain continu
  - Tissu urbain discontinu
  - Zones industrielles et commerciales
  - Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
  - Equipements sportifs et de loisirs
  - Terres arables hors périmètres d'irrigation
  - Prairies
  - Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants
  - Forêt et végétation arbustive en mutation

- Limites du modèle débordement aval  
 Occupation des sols, SIGALE 2009
- Zones urbanisées
  - Zones industrielles, commerciales et réseaux de communication
  - Mines, décharges, chantiers
  - Espaces verts
  - Milieux à végétation arbustive
  - Surfaces en eau
  - Zones humides
  - Forêts
  - Terres arables
  - Prairies

**Figure 17 : Occupation du sol issue des bases de données Corine Land Cover (à gauche) et SIGALE (à droite)**

PROLOG INGÉNIERIE

Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez – Phase 3  
 - Livrable L4 : Détermination de l'aléa de référence -

R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

07/2022

La base de données SIGALE (base de données de l'occupation des sols en région Hauts-de-France) a été utilisée pour le calcul de certains paramètres du modèle hydrologique (Curve Number de la méthode SCS, etc.). Cette base de données, mise à jour en 2009, permet la représentation de l'occupation des sols sur le territoire d'étude à une échelle plus précise que la base de données Corine Land Cover. La figure suivante illustre la différence de précision entre les bases de données SIGALE et Corine Land Cover.

### 5.1.3. Choix de la fonction de production

La fonction de production du modèle hydrologique permet de transformer la pluie brute tombant sur le territoire d'étude en une pluie nette qui va réellement contribuer au ruissellement et donc à la génération de la crue. La fonction de production associée à un sous-bassin versant dépend notamment de l'occupation des sols majoritaire sur ce dernier.

Au regard des caractéristiques du bassin versant de la Souchez (occupation des sols majoritairement rurale) la fonction de production retenue est celle du modèle du NRCS (National Resources Conservation Service, ex-Soil Conservation Service) qui permet de rendre compte des pertes initiales au ruissellement et qui est particulièrement adaptée aux surfaces rurales peu imperméabilisées. Les sous-bassins versants sont alors caractérisés par :

- un coefficient CN (Curve Number) ;
- des pertes initiales.

Les coefficients CN et les pertes initiales de chaque sous-bassin versant sont évalués à partir du type de sol (géologie), de l'occupation des sols et des conditions antécédentes de saturation des sols. Les valeurs des coefficients CN et des pertes initiales seront ajustés lors du calage du modèle sur des épisodes de crues historiques. Cette fonction de production permet également de représenter des zones urbaines (notamment en partie aval du bassin versant de la Souchez) en introduisant un coefficient d'imperméabilisation plus ou moins important selon les sous-bassins versants.

### 5.1.4. Choix de la fonction de transfert

A chaque fonction de production est associée une fonction de transfert qui permet de calculer l'hydrogramme généré à l'exutoire du sous-bassin versant à partir de la pluie nette. La fonction de transfert utilisée dans le modèle hydrologique repose sur le modèle de l'hydrogramme unitaire de Clark. Elle permet de prendre en compte les phénomènes de translation et d'atténuation du débit de crue. Cette fonction repose essentiellement sur les deux paramètres ci-après :

- le temps de concentration qui illustre le phénomène de translation de la pluie nette le long du réseau hydrographique ;
- le coefficient de stockage qui représente le phénomène de stockage provisoire de la pluie nette dans le bassin versant.

Ces deux paramètres sont définis à partir des caractéristiques géométriques des sous-bassins versants. Concernant le temps de concentration, plusieurs formules ont été testées, toutefois la formule de Clark a été privilégiée du fait du choix de la fonction de transfert retenue (hydrogramme unitaire de Clark).

$$T_c = 2.2 * \left( \frac{L * L_C}{\sqrt{Slope_{10-85}}} \right)^{0.3}$$

Avec :

- $T_c$  : temps de concentration en minutes
- $L$  : plus long chemin hydraulique en miles
- $L_c$  : distance entre le centroïde du bassin versant et l'exutoire en miles
- $Slope_{10-85}$  : pente moyenne comprise entre 10 à 85 % du plus long chemin hydraulique

Le coefficient de stockage a été évalué à partir de la formule suivante :

$$\frac{R}{T_c + R} = 0.65$$

Dans un second temps, les valeurs de ces deux paramètres ont été ajustées lors du calage du modèle sur les épisodes de crues historiques.

#### 5.1.5. [Loi de récession](#)

Une loi de récession (ou Baseflow) a également été utilisée dans le cadre de la modélisation hydrologique afin de reproduire le plus fidèlement possible la courbe de décrue des hydrogrammes. La méthode appliquée est celle du réservoir linéaire nommée « Baseflow ». Elle permet notamment de traiter la réponse rapide et plus longues des eaux infiltrées. Deux réservoirs ont été représentés dans le modèle hydrologique :

- G1W : permettant de modéliser les flux entrants à réponse rapide ;
- G2W : permettant de représenter le débit de base à réponse plus lente.

#### 5.1.6. [Choix de la fonction de propagation](#)

La fonction de propagation utilisée consiste à décaler dans le temps les hydrogrammes de crue calculés au fur et à mesure de leur propagation dans le réseau hydrographique principal. Cette fonction « lag » dans HEC-HMS repose sur un temps de propagation propre à chaque tronçon du réseau hydrographique. Ce temps de propagation est calculé en



fonction de la longueur de chacun des tronçons et de la vitesse des écoulements. Il est ajusté lors du calage du modèle sur les épisodes de crues historiques.

La propagation des hydrogrammes générés par chaque sous-bassin versant à l'aide du logiciel HEC-HMS permet de s'assurer que l'on retrouve bien les débits de crue mesurés en différents points du réseau hydrographique de la Souchez. Comme évoqué précédemment, en l'absence de données hydrométriques (débits de crue de la Souchez notamment) pour caler le modèle hydrologique, ces derniers seront évalués sommairement par analogie avec d'autres bassins versants voisins pour s'assurer que le modèle hydrologique permet de retrouver les bons ordres de grandeur de débits de crue sur la Souchez.

### 5.1.7. Génération des hydrogramme

La modélisation hydrologique décrite précédemment, à savoir l'application d'une pluie brute sur le territoire d'étude transformée en pluie nette à l'aide de la fonction de production puis en lame d'eau ruisselée à l'aide de la fonction de transfert, aboutit au calcul d'un hydrogramme de crue à l'exutoire de chaque sous-bassin versant.

Les hydrogrammes ainsi calculés à l'exutoire de chaque sous-bassin versant sont ensuite injectés en différents points du modèle hydraulique le long du linéaire de la Souchez et de ses affluents. C'est alors la structure du modèle hydraulique et les paramètres de rugosité des sols (en lit mineur et lit majeur des cours d'eau) qui conditionnent la propagation des débits vers l'aval (cf. chapitre ci-après).

Aucun hydrogramme calculé à l'exutoire des sous-bassins versants n'a toutefois été injecté à l'aval d'Angres (aucun apport intermédiaire n'a été considéré dans le modèle hydraulique aval). En effet, à partir de Liévin, la Souchez est enterrée ou perchée sur la grande majorité de son linéaire. Les apports à la Souchez en provenance des sous-bassins versants se font essentiellement via le réseau d'assainissement (ou bien ne se font pas du tout dans le cas des biefs perchés). Les apports intermédiaires en provenance du réseau sont limités par les dimensions des collecteurs enterrés rapidement saturés en cas de fortes pluies et sont jugés négligeables devant les apports amont (les tronçons enterrés de la Souchez étant eux-mêmes rapidement saturés en cas de fortes pluies, limitant ainsi de fait les apports latéraux à la Souchez).

## 5.2. MODÉLISATION DE L'ALÉA DÉBORDEMENT

### 5.2.1. Périmètre de la modélisation 1D-2D

L'aléa inondation par débordement de cours d'eau a été modélisé sur l'ensemble du linéaire de la Souchez et de ses affluents principaux (le Saint-Nazaire et le Carency). Les linéaires de cours d'eau modélisés sont les suivants :

- sur le Saint-Nazaire : depuis la rue de Namur à Ablain-Saint-Nazaire jusqu'à la confluence avec le Carency,
- sur le Carency : depuis la rue Joliot-Curie à Carency jusqu'à la confluence avec le Saint-Nazaire,



- sur la Souchez : depuis la confluence entre le Saint-Nazaire et le Carency jusqu'à la confluence du canal de la Souchez avec le canal de la Deûle.

L'aléa débordement est caractérisé à l'aide d'une modélisation hydraulique couplée 1D/2D (2D seule pour la partie amont du bassin versant), cf. chapitres ci-après. Le modèle hydraulique « débordement » est élaboré à l'aide du logiciel HEC-RAS 5.0.7.

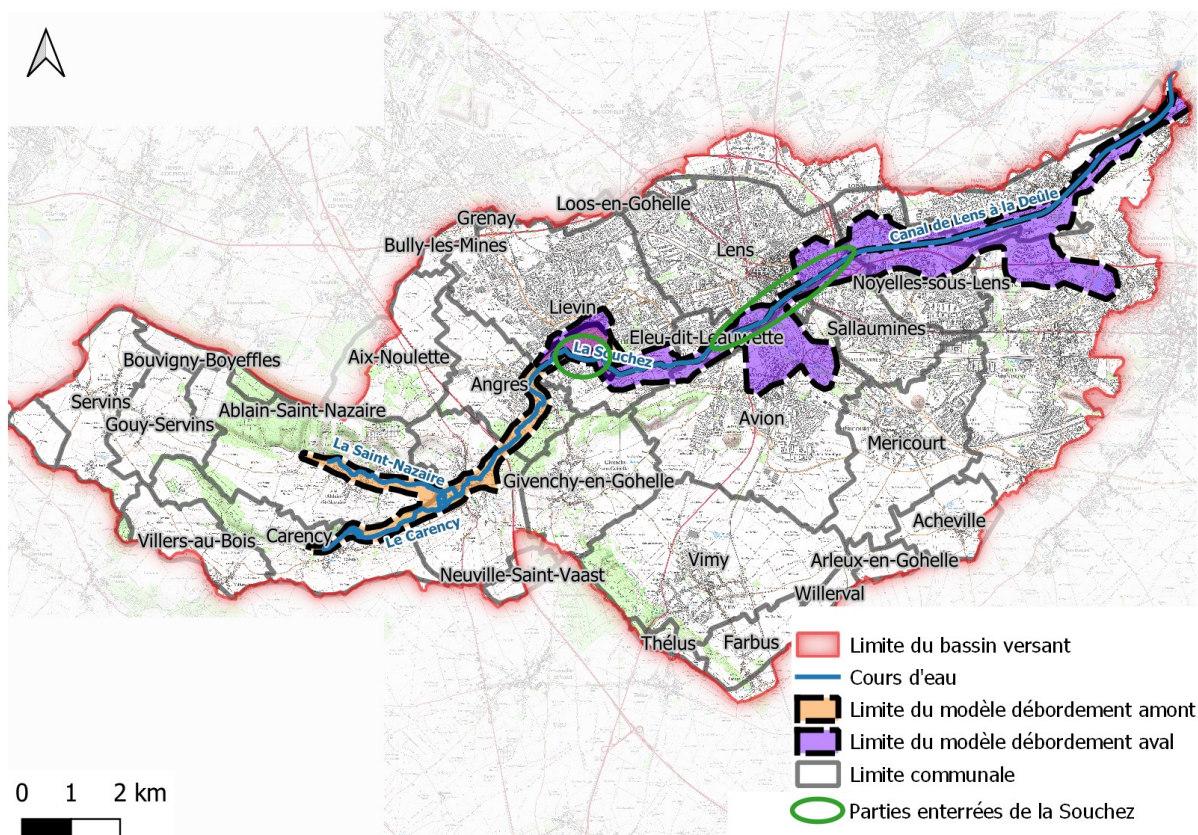
En l'absence de levé topographique précis des parties enterrées de la Souchez sous Liévin et entre Eleu-dit-Leauwette et le canal de Lens, la section limitante (connue) est supposée constante sur tout le linéaire de chaque partie enterrée.

Le linéaire de cours d'eau modélisé est ainsi de l'ordre de 26 km (modèle amont construit par DH&E et modèle aval construit par Prolog ingénierie).

Le modèle amont représente le Saint-Nazaire et le Carency (lit mineur et lit majeur) jusqu'à leur confluence pour former la Souchez puis la Souchez (lit mineur et lit majeur) jusqu'à Liévin, soit un linéaire de cours d'eau d'environ 10 km.

Le modèle aval s'étend quant à lui sur 16 km et représente la Souchez (lit mineur et lit majeur) depuis Liévin jusqu'à la confluence avec le canal de la Deûle. Le modèle aval est représenté notamment les deux parties enterrées de la Souchez (960 m sous Liévin et de 2 800 m sous Lens), ainsi que de la partie canalisée de cette dernière (8.5 km, de Lens jusqu'à son exutoire dans le canal de la Deûle).

La figure ci-après illustre le périmètre du modèle hydraulique « débordement ».



**Figure 18: Emprise du modèle hydraulique « débordement » de la Souchez**

### 5.2.2. Principe général de la modélisation 1D-2D

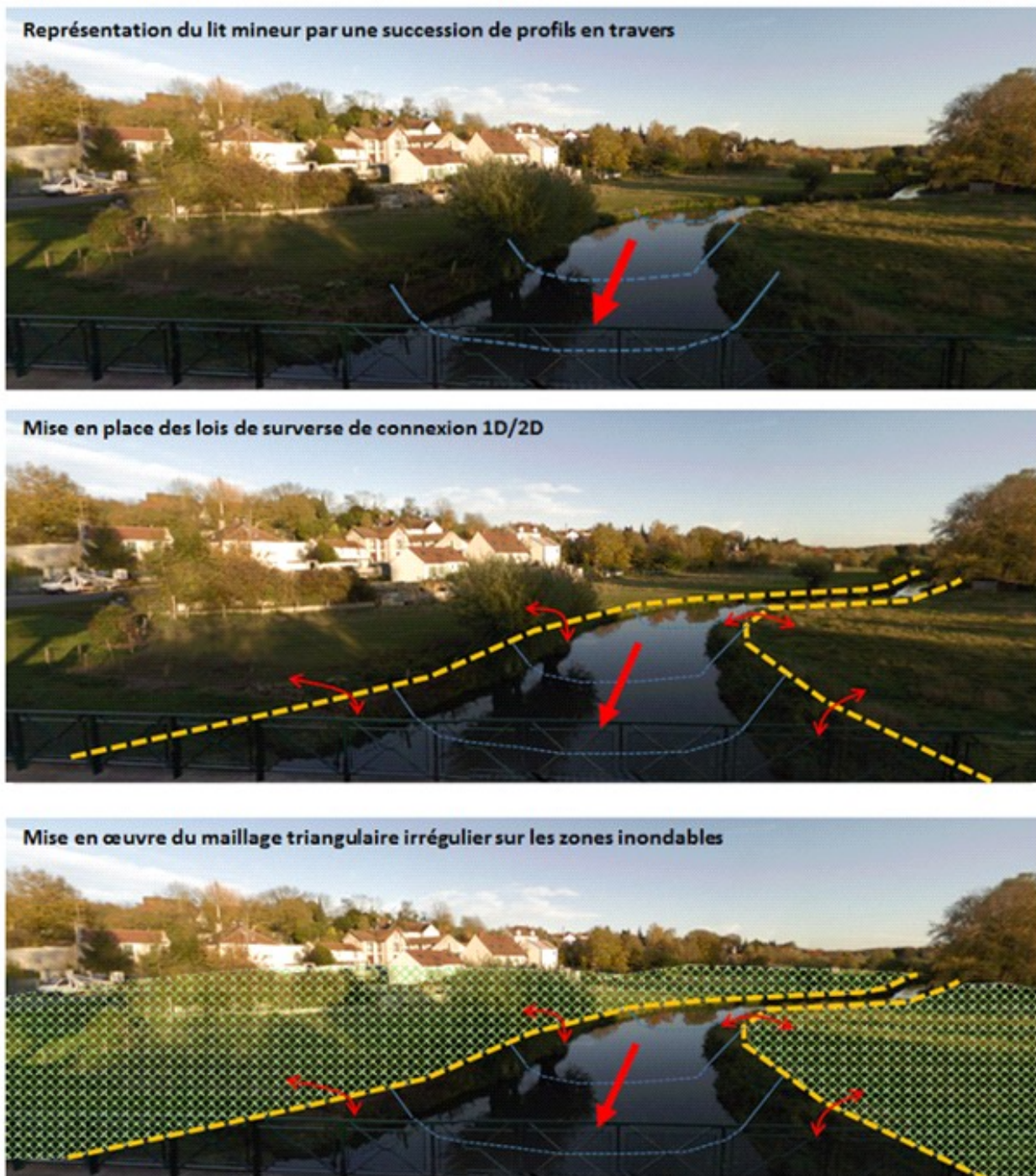
L'approche retenue pour représenter au mieux l'aléa débordement sur l'ensemble du linéaire de la Souchez et de ses principaux affluents consiste en une modélisation 1D-2D (couplage entre un modèle 1D représentant le lit mineur et un modèle 2D représentant le lit majeur) :

- La Souchez et ses principaux affluents sont représentés à l'aide d'un modèle unidimensionnel (hypothèse d'un écoulement majoritairement perpendiculaire à la section du cours d'eau et d'une vitesse d'écoulement moyennée sur cette section). Les cours d'eau sont représentés sous la forme d'une succession de profils en travers, issus de levés topographiques ;
- Le lit majeur est quant à lui représenté à l'aide d'un modèle bidimensionnel. Dans le cas d'un modèle bidimensionnel, les écoulements peuvent se faire dans toutes les directions en fonction de la topographie et des obstacles aux écoulements présents (contrairement au modèle 1D). Le lit majeur est représenté à l'aide d'un ensemble de mailles de calcul, dont la taille (surface) est adaptée localement à l'échelle des éventuels obstacles aux écoulements et aux variations topographiques ;



- Les ouvrages (fixes, mobiles) ou obstacles ayant une influence sur les écoulements en lit mineur (ponts, seuils, etc.) et en le lit majeur (remblais, ouvrages hydraulique de décharge, etc.), sont intégrés à la modélisation (dans la mesure où les données topographiques associées sont disponibles) ;
- Les éléments 1D (lit mineur) et 2D (lit majeur) du modèle sont couplés de manière dynamique (au droit des hauts de berge) et tous les échanges entre les différents domaines connectés (lit mineur et lit majeur) peuvent se faire dans les deux sens (en remplissage, en vidange, en débordement, en ressuyage, etc.).

La figure suivante illustre les principes généraux de construction d'un modèle 1D-2D.



**Figure 19: Principe de construction du modèle hydraulique 1D/2D**

### 5.2.3. Modélisation des écoulements de la Souchez et de ses affluents

#### 5.2.3.1. Modélisation 1D / 2D des écoulements

#### Représentation du lit mineur

Le lit mineur de la Souchez et de ces principaux affluents sont ainsi représentés par une succession de profils en travers dont la topographie a été levée par le cabinet de géomètre-expert GEOSOLUTIONS en 2019 et 2020 dans le cadre de deux campagnes de levés topographiques successives.

La première campagne a consisté à lever 31 ouvrages de franchissement sur la Souchez ainsi qu'un profil en travers du lit mineur immédiatement en amont et en aval de chacun d'eux. Les levés topographiques complémentaires objet de la deuxième campagne (59 profils en travers et 20 ouvrages) ont été définis dans le cadre de la Phase 1 (ils concernent la Souchez et ses deux principaux affluents, le Carency et le Saint-Nazaire). La figure suivante illustre un exemple de profil en travers issu des levés topographiques et intégré aux modèles hydrauliques « débordement » de la Souchez.

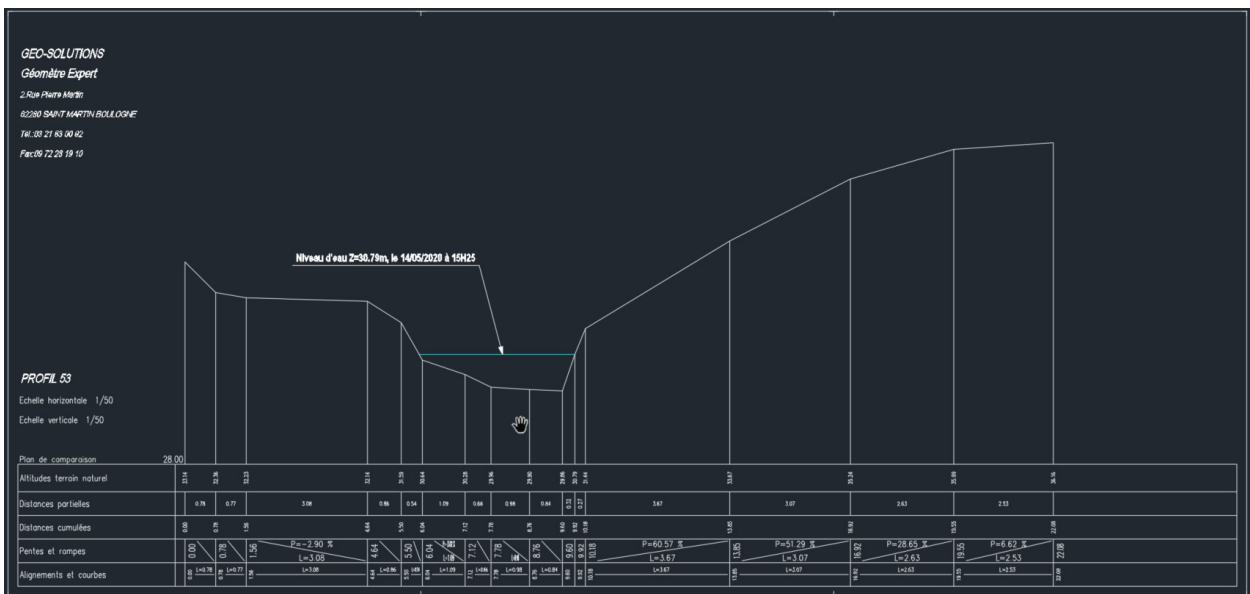
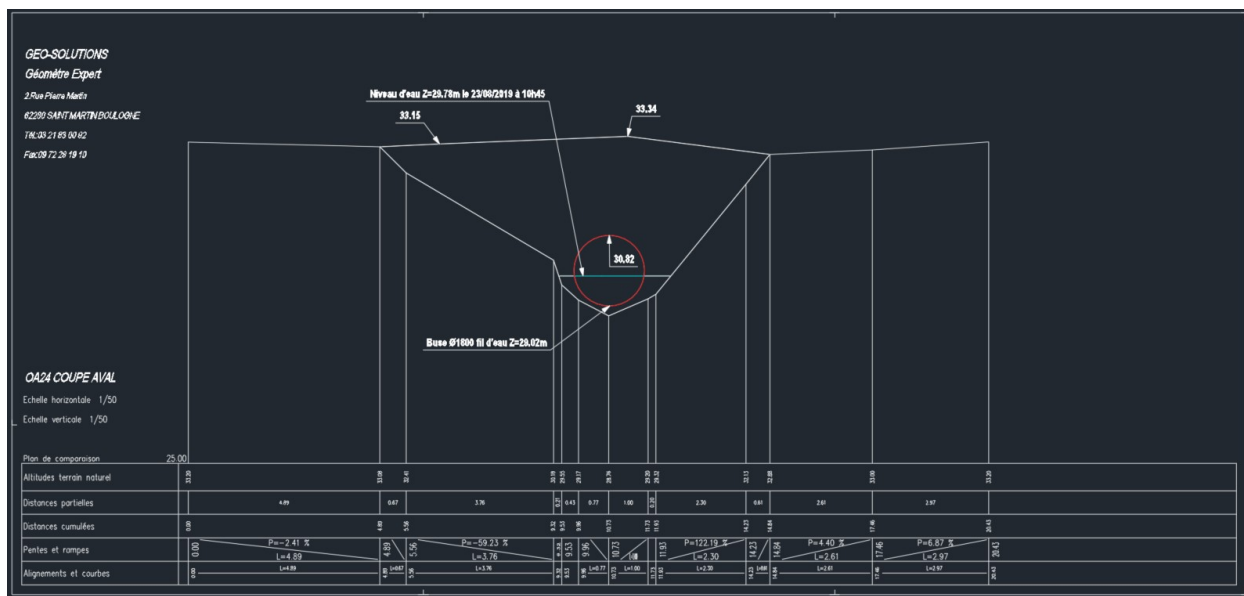


Figure 20: Profils en travers du lit mineur de la Souchez (source : GEOSOLUTIONS)

Les ponts, passerelles, buses, dalots et seuils sur lesquels des données topographiques sont disponibles ont été pris en compte dans les modèles hydrauliques. La figure ci-après illustre un ouvrage du lit mineur de la Souchez intégré aux modèles hydrauliques.



**Figure 21: Ouvrage en lit mineur de la Souchez (source : GEOSOLUTIONS)**

## Modélisation des débordements en lit majeur

Le lit majeur des cours d'eau est représenté par un modèle bidimensionnel, reposant sur un maillage de calcul 2D. Chaque maille constitue un élément de calcul représentant la topographie du lit majeur et tenant compte la rugosité du sol. Les données d'entrée nécessaires à la construction du maillage sont ainsi les suivantes :

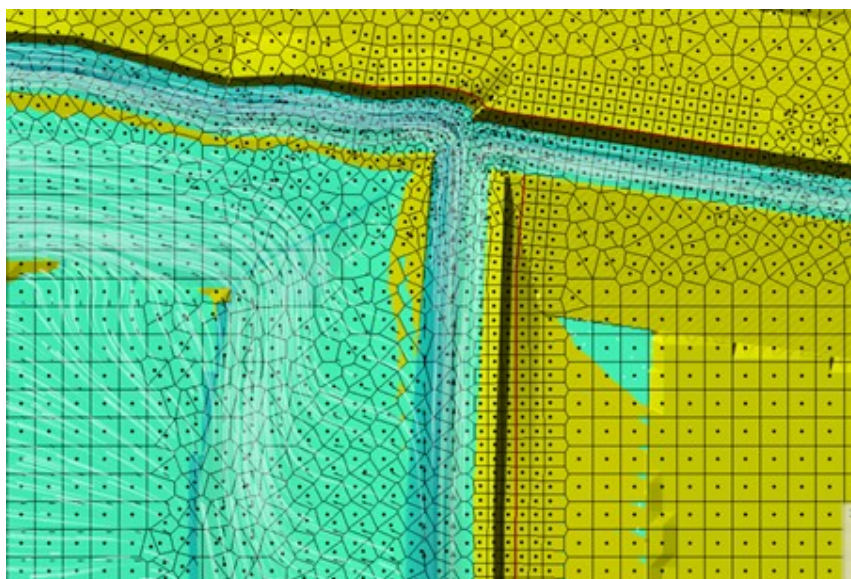
- la topographie, qui caractérise le relief, les pentes et les obstacles au écoulements ;
- l'occupation des sols, qui définit la rugosité des mailles du modèle.

Dans le cadre de la présente étude, nous disposons d'un levé topographique LIDAR (RGE ALTI de l'IGN) datant de février 2020 (taille de cellule de 1 m et précision altimétrique moyenne de l'ordre de 20 cm) couvrant la totalité du territoire d'étude (excepté quelques secteurs sur l'extrémité amont du bassin versant sur lesquels le RGE ALTI est légèrement moins précis).

La géométrie du maillage tient compte des axes d'écoulement préférentiels en milieu urbain (voiries) et des obstacles à l'écoulement présents en lit majeur (remblais d'infrastructures, ouvrages, bâtiments, etc.).

Les réseaux d'assainissement et autres ouvrages de gestion des eaux pluviales (bassins, etc.) présents en lit majeur de la Souchez ne sont pas représentés dans le modèle 2D (validé lors du COTEC du 09/09/2020).

La figure ci-après illustre un maillage 2D réalisé à l'aide du logiciel HEC-RAS. Le tableau ci-après illustre quant à lui la méthodologie de construction du maillage.



**Figure 22: Illustration d'un maillage 2D construit à l'aide du logiciel HEC-RAS (source : DH&E)**



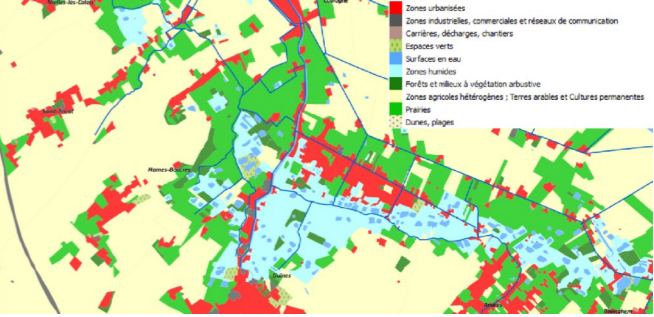
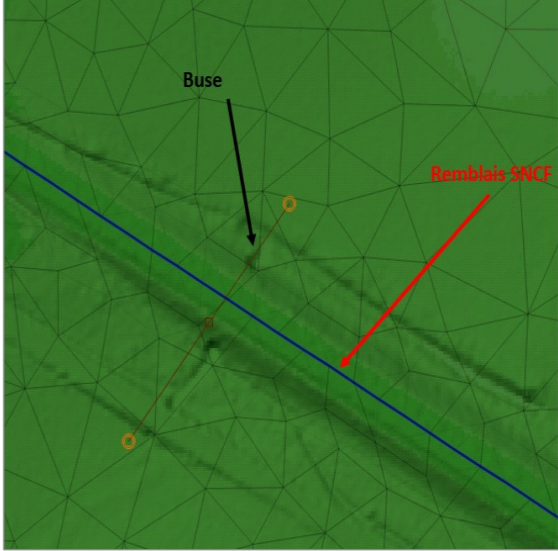
Étape	Objectifs	Détail et commentaires	Illustrations (tirées du PPRI des pieds de coteaux)
1	<b>Prise en compte des variations de la rugosité liée aux différentes occupations des sols</b>	Le périmètre d'étude est décomposé en différentes zones d'écoulement dont les coefficients de rugosité sont adaptés à l'occupation des sols. En effet, la dynamique d'écoulement sur une parcelle agricole, dans une zone de forêt ou sur une voirie est différente, les phénomènes de frottement n'étant pas les mêmes. Ce découpage est réalisé à partir de la base de données SIGALE et du cadastre, où chaque zone s'est vue affecter un coefficient de rugosité (coefficient de Strickler) correspondant à l'occupation des sols majoritaire sur cette dernière. Cette méthode permet également de tenir compte de l'effet d'obstacle induit par le bâti.	
2	<b>Adaptation du maillage aux variations topographiques du terrain naturel et identification des surverses</b>	<p>Le maillage numérique 2D est affiné au droit des zones de variations topographiques importantes pour que la cote du terrain naturel affectée à chaque maille soit la plus représentative possible. Des « lignes de forçage » sont insérées en pied et en crête de remblais pour adapter la taille de maille et affiner la représentation topographique de ces derniers.</p> <p>Des lois de seuils sont également intégrées au modèle au droit des ouvrages (digues, remblais, etc.) susceptibles de voir se produire des phénomènes de surverse.</p>	
3	<b>Prise en compte des ouvrages de décharge au sein des remblais</b>	Pour ne pas surestimer les effets de stockage / rétention en amont des remblais (en particulier les remblais d'infrastructures ferroviaires ou routières), les ouvrages de franchissement et de décharge (trémie, etc.) sont également intégrés dans le modèle.	

Tableau 16: Étapes de construction du maillage de calcul 2D

### 5.2.3.2. Conditions aux limites

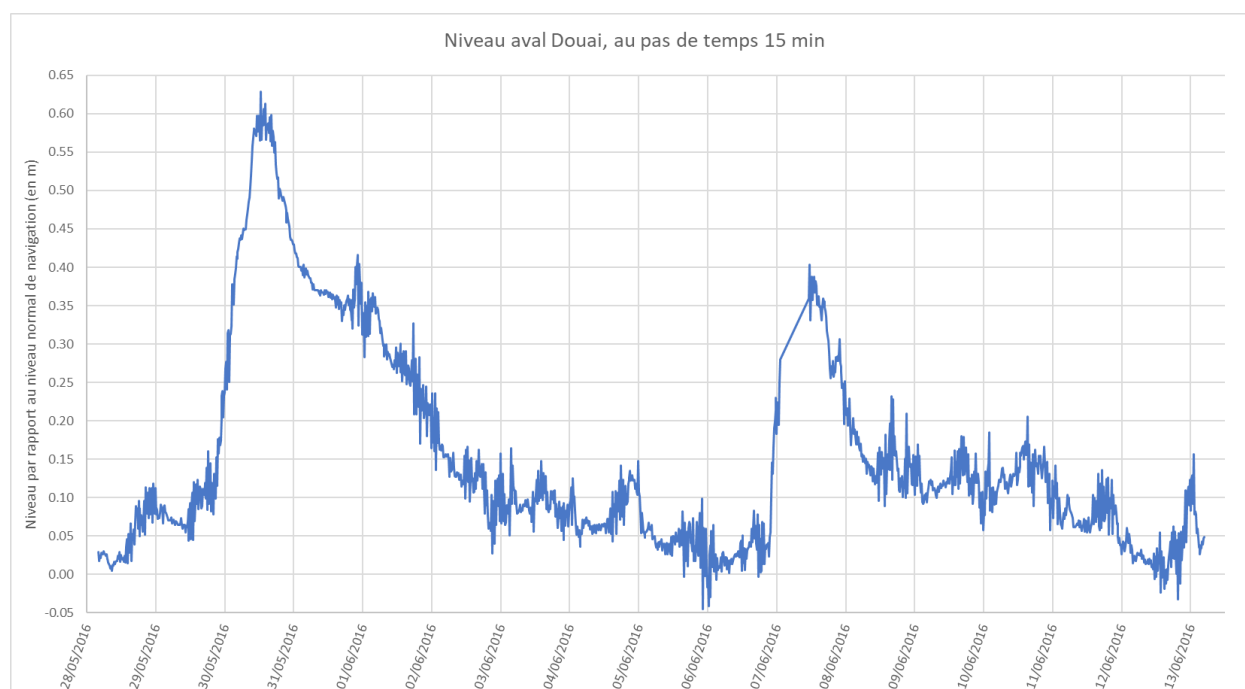
Les conditions aux limites amont des modèles hydrauliques « débordement » sont constituées des hydrogrammes issus de la modélisation hydrologique pour la pluie de calage (pluie du 7 juin 2016) et pour la pluie de projet (dans le cadre de la caractérisation de l'aléa de référence « débordement »).

Le débit calculé à l'aval du modèle hydraulique « amont » de la Souchez (construit par DH&E) est repris et injecté en amont du modèle hydraulique « aval » (construit par Prolog Ingénierie). Il constitue la condition limite amont du modèle aval.

La condition aux limites aval du modèle hydraulique est constituée du niveau dans le canal de la Deûle au droit de la confluence avec la Souchez canalisée (canal de Lens). Il s'agit du niveau maximum atteint lors de l'épisode de juin 2016 pour le calage du modèle hydraulique « débordement » et du niveau maximum atteint lors de l'épisode de mai 2016 pour la caractérisation de l'aléa de référence (cf. chapitre 5.5.1).

Un test de sensibilité sur la condition limite aval a été réalisé (cf. chapitre 5.5.3).

Les chroniques des niveaux d'eau dans le canal de la Deûle à l'écluse de Douai et à l'écluse de Don lors des épisodes de crues de mai et juin 2016 ont été fournies par VNF, elles sont illustrées sur la figure ci-après.



**Figure 23: Niveau dans le canal de la Deûle à l'écluse de Douai (par rapport au niveau normal de navigation) lors des épisodes de crues de mai et juin 2016 (source : VNF)**



#### 5.2.4. Prise en compte des interactions avec la nappe

La zone d'étude est concernée par 3 aquifères, la nappe de la Craie (la plus profonde), la nappe des alluvions (la nappe de la Craie et celle des alluvions sont interconnectées) et les nappes superficielles (nappes perchées et déconnectées de la nappe de la Craie).

La nappe de la Craie peut se mettre en charge sous les alluvions et déborder aux endroits où la couverture limoneuse est absente ou moins épaisse, entraînant l'inondation des sous-sols d'habitations des zones basses.

On retrouve cette configuration sur les zones basses situées le long du canal de Lens, où la Craie est directement recouverte des alluvions modernes (Fz) fines, limoneuses et argileuses. Pour mémoire le caractère perché du canal de Lens favorise l'inondation des zones basses le long de ce dernier

Les repères de crues identifiés et relevés lors de la Phase 1 illustrent pour certains ces phénomènes. En effet, une partie des repères de crues sont liés aux phénomènes de remontée de nappes, notamment en partie aval du bassin versant et plus particulièrement sur les communes de Noyelles-sous-Lens, Harnes et Loison-sous-Lens.

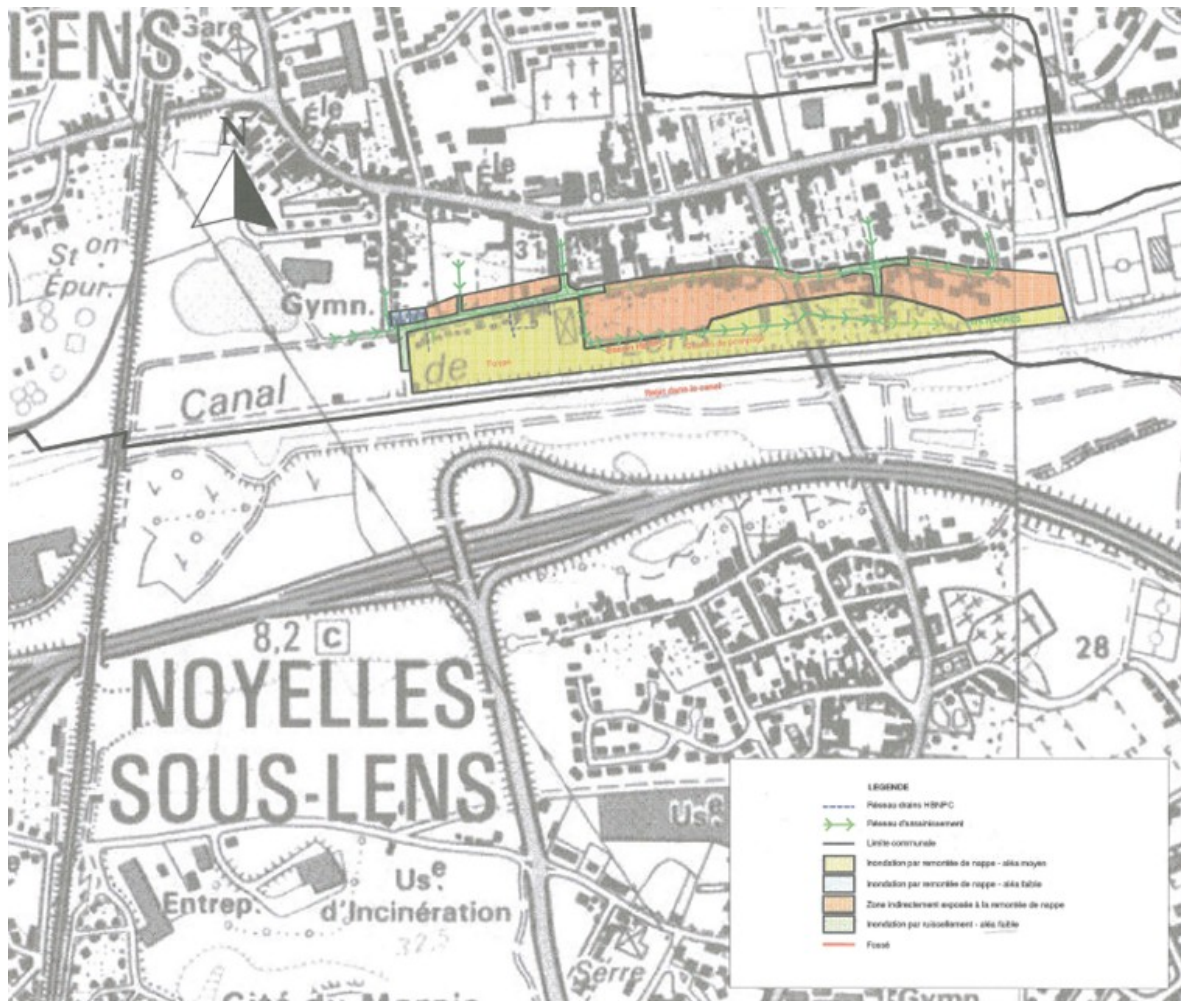
Le PPRi (par remontée de nappes) sur la commune de Loison-sous-Lens (approuvé par arrêté préfectoral du 4 septembre 2007) nous renseigne sur la localisation des zones inondées et sur l'origine des inondations.

Ces dernières sont principalement liées à la remontée de la nappe de la Craie ainsi qu'au ruissellement lors de fortes pluies.

Les inondations par remontées de nappe se produisent par débordement en surface d'eau circulant dans des massifs calcaires via une multitude de fissures. Des pluies abondantes et prolongées peuvent recharger la nappe phréatique au point de la faire déborder dans tous les points bas de son secteur.

La lenteur de la propagation de l'eau dans le sous-sol conduit parfois à un décalage temporel important entre la pluie et l'inondation (quelques jours à quelques mois) ainsi qu'à une durée conséquente de l'inondation (quelques semaines, voire quelques mois).

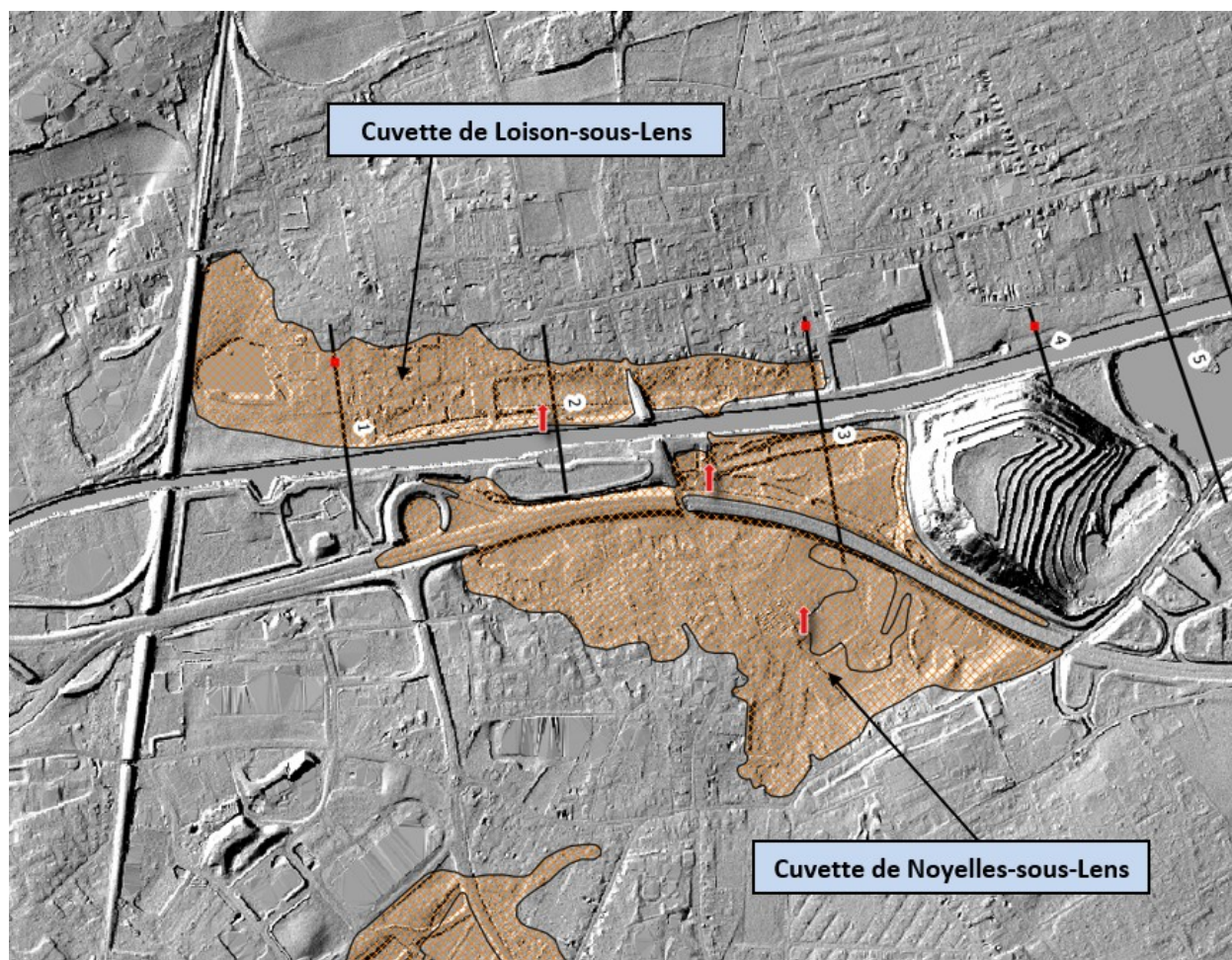
La figure suivante illustre les principales zones inondées par remontée de nappes sur la commune de Loison-sous-Lens (source : PPRi de la commune de Loison-sous-Lens).



**Figure 24: Principales zones inondées par remontée de nappes sur la commune de Loison-sous-Lens (source : PPRi de la commune de Loison-sous-Lens)**

Par ailleurs, plusieurs stations de relevage des eaux « pluviales » (SRE) ont été installées au droit des zones basses le long du canal de Lens sur les communes de Noyelles-sous-Lens et Loison-sous-Lens afin de relever les eaux de ruissellement par temps de pluie vers leurs exutoires (accumulation des eaux de ruissellement au niveau de ces points bas) et pour assécher les zones soumises aux phénomènes de remontées des nappes (risque de mise en charge de la nappe de la craie/de la nappe alluviale).

La figure suivante illustre les zones basses (« cuvettes ») le long du canal de Lens sur les communes de Noyelles-sous-Lens et Loison-sous-Lens.



**Figure 25: Zones basses le long du canal de Lens sur les commune de Noyelles-sous-Lens et Loison-sous-Lens**

D'après les cartes des zones inondables du TRI de Lens, le canal de Lens ne déborde pas avant une crue de période de retour 1 000 ans (selon les hypothèses de niveau d'eau considérées dans le canal de la Deûle). La prise en compte des phénomènes de remontées de nappe (interactions entre la nappe et la Souchez) dans la modélisation hydraulique en tant que phénomène aggravant sous la forme d'un débit de base imposé dans le lit mineur de la Souchez et de ses principaux affluents n'apparaît ici pas pertinente. **Les enveloppes des zones inondées par remontée de nappe seront toutefois cartographiées sur les cartes d'aléa par débordement de cours d'eau et ruissellement. La cartographie des zones inondées par remontée de nappes se fera à l'aide des informations collectées dans le cadre de la Phase 1 (repères de crue, PPRI, témoignages recueillis lors des rencontres avec les communes, etc.).**



## 5.3. CALAGE DES MODÈLES HYDROLOGIQUES

### 5.3.1. Principes du calage

Après leur construction, les modèles hydrologiques sont calés à l'aide des données issues des événements pluvieux réels observés sur le bassin versant.

Cependant, en l'absence de station hydrométrique sur le bassin versant de la Souchez à laquelle confronter et comparer les résultats du modèle hydrologique, ces derniers ont été injectés dans les modèles hydrauliques (débordement et ruissellement) puis le calage a été réalisé de manière itérative entre les modèles hydrologiques et hydrauliques (confrontation des résultats de la modélisation avec les informations recueillies concernant la temporalité et la cinétique de crue d'une part et les repères de crue d'autre part).

**Au regard des nombreuses informations collectées sur l'évènement de juin 2016 dans le cadre de la première phase de l'étude (coupure de presse, repères de crue, etc.), le calage des modèles hydrologiques a été réalisé sur ce dernier.**

### 5.3.2. Méthodologie et valeurs retenues

#### 5.3.2.1. Informations disponibles pour le calage du modèle

Comme évoqué ci-dessus le bassin versant de la Souchez n'est pas équipé de station hydrométrique et les modèles hydrologiques ne peuvent être calés à l'aide des débits mesurés lors des crues historiques.

Sur la partie amont du territoire, les repères de crue « débordement » de juin 2016 ont été exploités pour réaliser une pré-évaluation des débits ayant transité lors cet événement (exploitation du modèle hydraulique amont). Les débits de référence évalués ont ensuite servi au calage des paramètres du modèle hydrologique HEC-HMS sur la partie amont.

Avant de rentrer plus en détail dans l'analyse des repères de crue, il est nécessaire de rappeler le contexte de l'identification de ces derniers. Il est difficile tout d'abord de garantir que les niveaux relevés concernent des PHE (Plus Hautes Eaux). Une indication à ce sujet a été renseignée dans la base de donnée mais comporte des incertitudes.

Par ailleurs, certains repères de crue sont positionnés dans des zones d'écoulement parfois importantes. Les vitesses d'écoulement peuvent ainsi être élevées et conduire à une surélévation de la ligne d'eau au droit des obstacles (point d'arrêt qui conduit à un transfert de l'énergie de la vitesse en augmentation du niveau d'eau), ce point est particulièrement vrai pour le volet ruissellement. La figure suivante illustre ce dernier phénomène.



**Figure 26: Crue de juin 2016 rue Curie à Souchez (source : Youtube)**

Il ressort de cette opération de calage à partir des repères de crue, l'estimation suivante des débits ayant transités en juin 2016 :

- Entrée d'Ablain-Saint-Nazaire : débit estimé de l'ordre de 8 à 10 m<sup>3</sup>/s (bonne cohérence sur l'ensemble de la commune avec les repères de crue mobilisés).
- Entrée de Carency : les évènements de mai et juin 2016 apparaissent assez proches sur cette localité. L'exploitation du repère de crue situé au droit du pont de la rue Joliot Curie sur la Carency pour l'évènement de mai 2016 conduit à une évaluation du débit en entrée de Carency de l'ordre de 6 à 7 m<sup>3</sup>/s.
- Confluence St-Nazaire / Carency (amont immédiat de la commune de Souchez) : débit de l'ordre de 12 à 14 m<sup>3</sup>/s.
- Commune de Souchez : débit de l'ordre de 12 à 14 m<sup>3</sup>/s. Une grande partie du débit déborde au niveau de la rue Pierre Brossolette en entrée de Souchez. Les niveaux des repères 28, 29 et 30 conduisent à une évaluation du débit moins importante, de l'ordre de 11 m<sup>3</sup>/s. Ce débit ne permet toutefois pas de retrouver les niveaux en aval qui sont bien restitués pour 14 m<sup>3</sup>/s, notamment au niveau des 2 points emblématiques de la rue Curie (n°34 et n°35).

Outre ces repères, des informations qualitatives et issues de l'étude SLGRI 2016 ont également été regroupés. Elles concernent essentiellement des informations temporelles sur l'arrivée du pic de crue en différents points du bassin versant issues d'articles de journaux.

### **31 mai 2016 – Indications sur le pic de crue**

« Depuis cinq heures ce mardi 31 mai, les pompiers s'affairent à l'assistance des riverains touchés par la montée des eaux. Depuis la Nécropole de Notre-Dame-de-Lorette, le capitaine Keller, du centre de secours de Liévin coordonne les opérations. »

« Une quarantaine de pompiers sont en intervention sur les communes de Souchez, Ablain et Carency. »

« Cette nuit, deux personnes âgées ont dû être mises en sécurité à Ablain-Saint-Nazaire. »

Une photo mise en ligne sur Twitter en 10h38 ci-contre illustre la présence d'eau à Souchez (toujours inondé pas encore ressuyé). On peut supposer qu'elle représente la situation en entre 08h00 et l'heure de mise en ligne.



**Figure 27: Photo de Souchez (groupe scolaire) mis en ligne à 10h38 sur Twitter**

« Pendant plusieurs heures, la commune d'Ablain-Saint-Nazaire a été isolée du monde à cause d'inondations survenues en des points stratégiques. Sous l'effet des fortes pluies de cette nuit, le Saint-Nazaire est sorti de son cours et la rue Lancino a été inondée, à l'entrée et à la sortie du village, bloquant tous les accès. »

« En fin de matinée, la situation s'était améliorée à Ablain-Saint-Nazaire le niveau d'eau a descendu, et l'accès au village par la route de Carency est de nouveau possible. »

« Dans le village voisin de Souchez, la situation s'apaise en début d'après-midi. La rue Curie, la plus gravement touchée, est désormais asséchée selon le maire, Jean-Marie

#### **PROLOG INGÉNIERIE**

Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez – Phase 3  
- Livrable L4 : Détermination de l'aléa de référence -

R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

07/2022





Alexandre. Ce mardi matin, des voitures stationnées le long de la rue principale s'étaient retrouvées piégées par la montée des eaux. »

« Les sapeurs-pompiers sont intervenus tôt ce mardi matin. »

### **7 juin 2016 – Indications sur le pic de crue**

« A l'heure de la sortie des cours, nombre de parents s'inquiétaient car ils étaient coincés sur la route et ne pouvaient arriver à l'heure chercher leurs enfants à l'école ou à la garderie. A Souchez et Ablain-Saint-Nazaire, les personnels scolaires et de garderie étaient mobilisés pour s'occuper des enfants et les garder sous surveillance, bien à l'abri dans les bâtiments, le temps nécessaire. Gendarmes et pompiers sont aussi intervenus pour faciliter leur sortie des bâtiments et les rassurer. »

« Depuis 16h30, ce mardi 7 juin le centre-ville de Souchez est inaccessible. Des inondations, bien plus importantes que la semaine dernière ont eu lieu. »

« A 17h30, deux cars transportant des élèves du collège Jean-Vilar étaient immobilisés à Souchez. La route menant à Ablain-Saint-Nazaire étant fermée à la circulation, les cars ne pouvaient conduire les enfants à destination. »

« A 19h45, le niveau d'eau avait commencé à baisser à Souchez. Par endroit, les habitants commençaient à sortir les raclettes et les seaux pour nettoyer. »

« La pluie qui s'est abattue ce mardi après-midi sur la région a provoqué de nouvelles inondations dans les villages de Souchez et d'Ablain-Saint-Nazaire. Le niveau de l'eau est monté à une vitesse folle, aboutissant à une situation encore pire que celle de la semaine dernière. »

« A Liévin : Parc de Rollencourt / Parc des équipages : 30-40 cm d'eau. « Ça n'avait jamais été observé jusque-là ». Ce site est impacté par les débordements de la Souchez et les écoulements depuis Angres (début des débordements situé vers 22h30 selon un témoignage des services techniques de la ville). »

Date évènement	31 Mai 2016		07 Juin 2016	
	Heure	Localité	Heure	Localité
Début évènement	<b>05h00</b> <i>(Depuis cinq heures ce mardi 31 mai, les pompiers s'affairent)</i>	Bassin versant	<b>16h00-17h00</b> <i>(A l'heure de la sortie des cours nombre de parents s'inquiétaient car ils étaient coincés sur la route)</i>	Ablain-Saint-Nazaire
			<b>17h30</b> <i>(A 17h30 deux cars transportant des élèves du collège Jean-Vilar</i>	

#### **PROLOG INGÉNIERIE**

Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez – Phase 3  
- Livrable L4 : Détermination de l'aléa de référence -

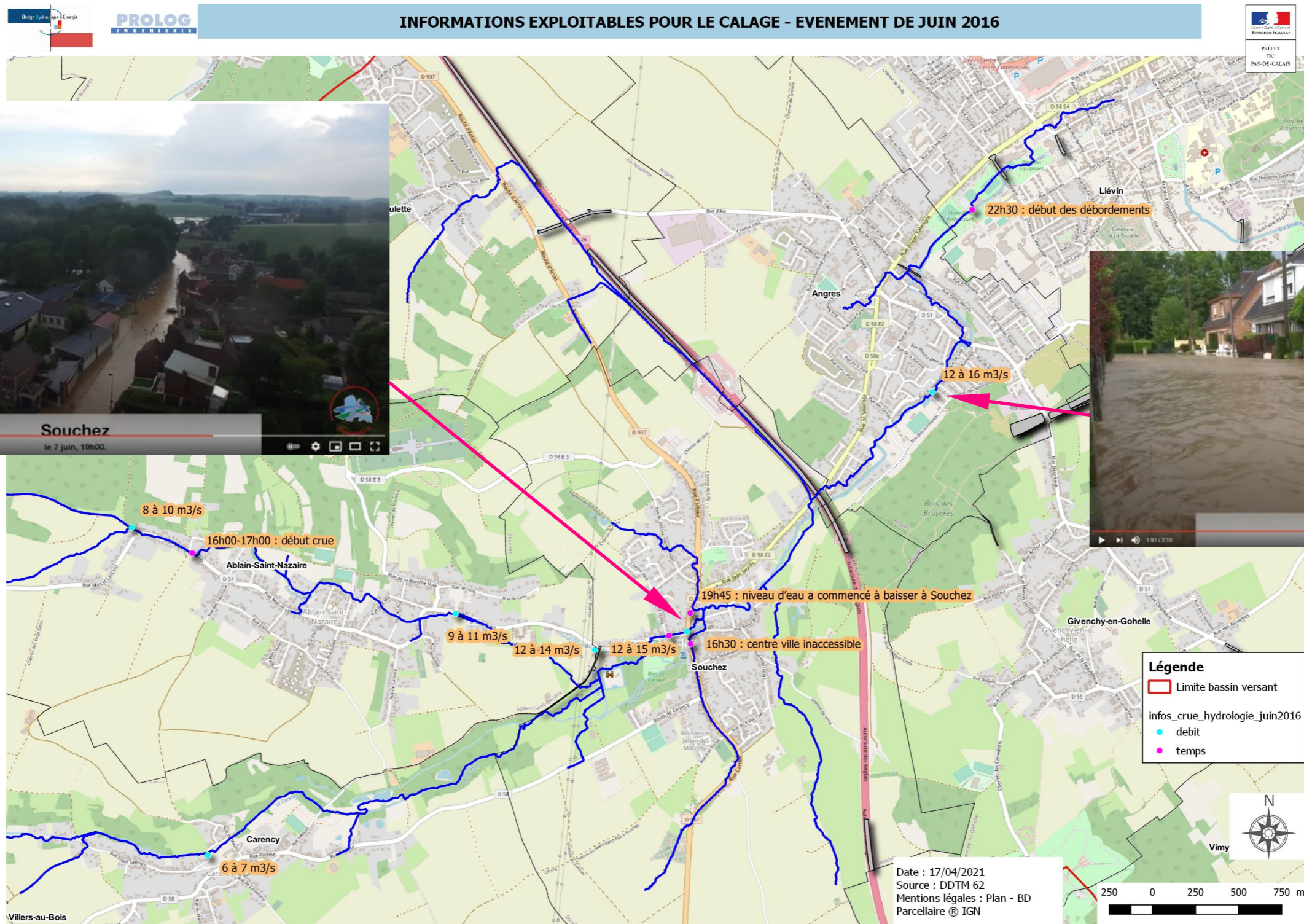
R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

07/2022

			étaient immobilisés à Souchez. (La route menant à Ablain-Saint-Nazaire étant fermée à la circulation.)	
			<b>16h30</b> (Depuis 16h30, ce mardi 7 juin le centre-ville de Souchez est inaccessible)	Souchez
			<b>22h30</b> (Début des débordements situé vers 22h30 selon un témoignage des services techniques de la ville)	Liévin
Fin évènement	<b>11h00-12h00</b> (en fin de matinée la situation s'était améliorée à Ablain)	Ablain-Saint-Nazaire	<b>19h45</b> (A 19h45, le niveau d'eau avait commencé à baisser à Souchez)	Souchez
	<b>14h00-15h00</b> (la situation s'apaise en début d'après-midi)	Souchez		
Informations complémentaires	<b>08h00-10h38</b> Toujours en eau entre 08h00 et 10h38	Ablain-Saint-Nazaire	Le niveau de l'eau est monté à une vitesse folle	Bassin versant
	Isolé pendant plusieurs heures	Ablain-Saint-Nazaire		

**Tableau 17: Synthèse des informations chronologiques exploitables pour les évènements du 31 mai 2016 et du 07 juin 2016**

La cartographie suivante synthétise les informations exploitées par la suite pour le calage du modèle hydrologique, à savoir les estimations du débit ayant transité pour la crue de juin 2016 et les informations temporelles sur le déroulement de la crue. Les niveaux d'eau étaient par ailleurs encore importants sur les communes de Souchez et Angres comme en attestent les prises de vue réalisées par le SDIS 62 positionnées sur la carte.



### 5.3.2.2. Calibrage des paramètres du modèle hydrologique HEC-HMS

Le calage du modèle hydrologique a été réalisé selon les différents paramètres de la fonction de production, de la fonction de transfert et de la loi de récession, ils sont présentés ci-après.

#### **Curve Number (CN)**

Plusieurs catégories de sol sont présentes sur le bassin versant de la Souchez, ils sont présentés ci-après avec quelques-unes de leurs caractéristiques :

- **L25 : Sols bruns faiblement lessivés à lessivés hydromorphes sur craie, marnes et argiles à silex de l'Artois (en amont d'Ablain-Saint-Nazaire et Carency)**
  - ✓ Néoluvisols et luvisols rédoxiques, limoneux en surface, de limons éoliens sur craie, marnes et argiles à silex de l'Artois
  - ✓ Perméabilité : Moyenne
  - ✓ Sol hydromorphe : Oui
- **L38 : Sols bruns calcaires sur craie et sols colluviaux limoneux loessiques (entre Ablain-Saint-Nazaire / Carency et Souchez)**
  - ✓ Rendosols, calcosols, calcisols colluviques issus de limons et de craie
  - ✓ Perméabilité : Forte
  - ✓ Sol hydromorphe : pas d'infos
- **L30 : Sols bruns faiblement lessivés à calciques (granules de craie) de limons éoliens sur substrat crayeux peu profond à profond de l'Artois, de l'Avant Pays d'Artois, du Cambrésis et du Mélançois (à l'aval de Souchez)**
  - ✓ Brunisols, calcisols, néoluvisols et luvisols éoliens sur substrat crayeux peu profond à profond de l'Artois, de l'Avant Pays d'Artois, du Cambrésis et du Mélançois
  - ✓ Perméabilité : Forte
  - ✓ Sol hydromorphe : pas d'infos
- **L12 : Sols alluviaux hydromorphes de texture variable des alluvions récentes des vallées larges (> 1km) sur la vallée de la Souchez d'amont en aval**
  - ✓ Fluviosols rédoxiques, réductiques et brunisols rédoxiques, localement tourbeux, d'alluvions récentes
  - ✓ Perméabilité : Moyenne

✓ Sol hydromorphe : Oui

La cartographie de la pédologie (catégories de sol présentes) sur le bassin versant de la Souchez est présentée ci-après. Une cartographie de l'occupation des sols à l'échelle du bassin versant de la Souchez a également été réalisée à partir de la donnée source SIGALE.

Ces deux niveaux d'information (pédologie/occupation des sols) ont ensuite été croisés pour fixer le Curve Number (CN) de chaque sous-bassin versant utile à la production des hydrogrammes, avec notamment une attribution du groupe de sols (de la méthode hydrologique NRCS) selon la catégorie de sols présentes.

ID_Pédologie	Description	Groupe hydrologique de sols (NRCS)
L25	Sols bruns faiblement lessivés à lessivés hydromorphes sur craie, marnes et argiles à silex de l'Artois	C
L38	Sols bruns calcaires sur craie et sols colluviaux limoneux loessiques	B
L30	Sols bruns faiblement lessivés à calciques (granules de craie) de limons éoliens sur substrat crayeux peu profond à profond de l'Artois, de l'Avant Pays d'Artois, du Cambrésis et du Mélançois	B
L12	Sols alluviaux hydromorphes de texture variable des alluvions récentes des vallées larges (> 1km)	C
L31	Sols bruns à bruns lessivés peu hydromorphes, de limons éoliens sur substrat argileux et sableux de la Région de Lille (Férrain, Weppes, Pévèle) localement formation à silex)	B

**Tableau 18: Correspondance entre le type de sol et les groupes hydrologiques correspondants**

Catégorie d'occupation des sols	Curve Number (CN)	
	Groupe B	Groupe C
AUTRES EMPRISES PUBLIQUES	89	92
AXES ROUTIERS PRINCIPAUX ET ESPACES ASSOCIES	98	98
CHANTIERS	85	90
CIMETIÈRES	85	90
COUPES FORESTIÈRES	66	77
CULTURES ANNUELLES	76	84
DÉCHARGES ET DÉPÔTS	89	92
EMPRISES COMMERCIALES	92	94
EMPRISES INDUSTRIELLES	88	91
EMPRISES SCOLAIRES ET/OU UNIVERSITAIRES	89	92
ESPACES EN FRICHE	89	92
ESPACES VERTS URBAINS ET PÉRIURBAINS	69	79
FORETS DE CONIFÈRES	60	73
FORETS DE FEUILLUS	60	73
HABITAT COLLECTIF HAUT	85	90
HABITAT ISOLE	65	77
HABITAT MINIER	85	90
HABITAT RÉSIDENTIEL	75	83

**PROLOG INGÉNIERIE**

Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez – Phase 3  
 - Livrable L4 : Détermination de l'aléa de référence -

R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

07/2022

---

MARAÎCHAGES, SERRES	81	88
PEUPLERAIES	65	76
PEUPLERAIES RÉCENTES	65	76
PLANS D'EAU	98	98
PRAIRIES : NATURELLES, PERMANENTES	61	74
REBOISEMENTS RÉCENTS	66	77
STADES, ÉQUIPEMENTS SPORTIFS	69	79
SYSTÈMES CULTURAUX ET PARCELLAIRES COMPLEXES	76	84
URBAIN CONTINU DENSE	85	90

**Tableau 19: Correspondance entre les CN et l'occupation des sols**

Une absorption initiale basée sur  $0.2 \times S$  (stock calculé à partir du CN a été retenue dans la phase de calage du modèle hydrologique.

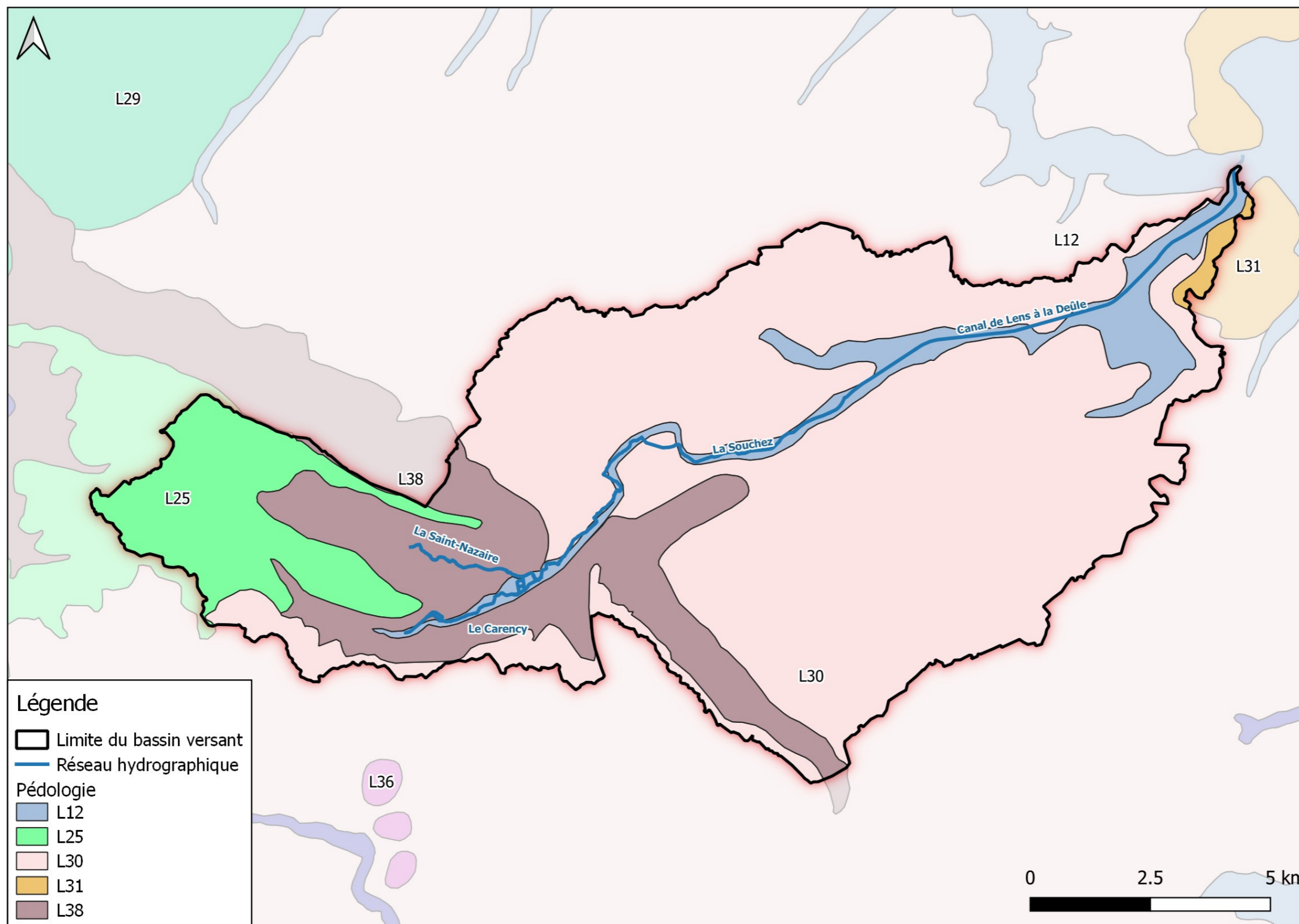
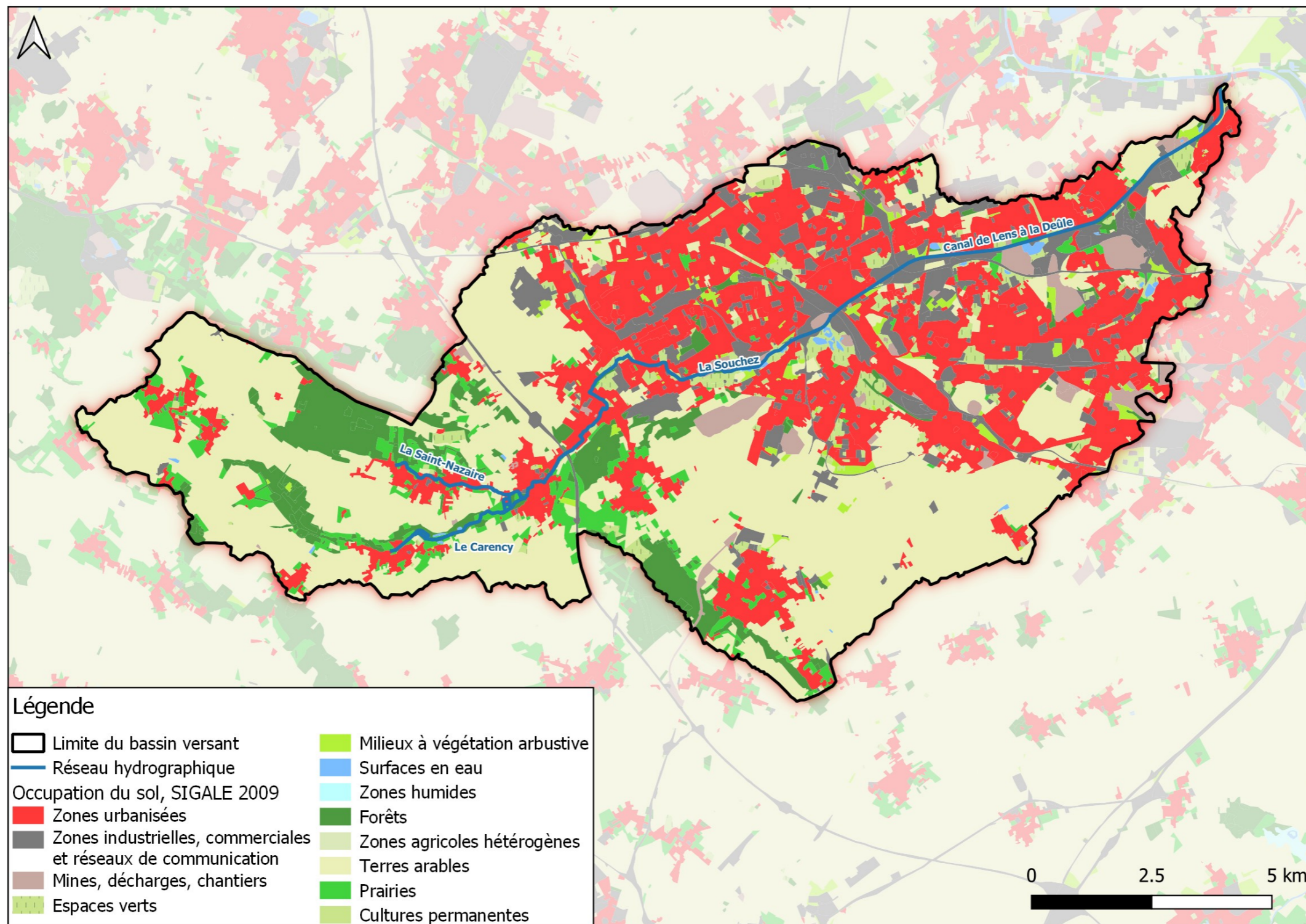


Figure 29: Cartographie de la pédologie sur le bassin versant de la Souchez



**Figure 30: Cartographie de l'occupation du sol sur le bassin versant de la Souchez**



### **Temps de concentration (t1)**

Le temps de concentration est le temps nécessaire à l'eau pour se déplacer du point le plus éloigné du bassin versant à la sortie du bassin versant (point d'écoulement). Plusieurs formules ont été testées, toutefois la formule de Clarck a été privilégiée du fait du choix de la fonction de transfert.

$$T_c = 2.2 * \left( \frac{L * L_c}{\sqrt{Slope_{10-85}}} \right)^{0.3}$$

Avec :

- $T_c$  : temps de concentration en minutes
- $L$  : plus long chemin hydraulique en miles
- $L_c$  : distance entre le centroïde du bassin versant et l'exutoire en miles
- $Slope_{10-85}$  : pente moyenne comprise entre 10 à 85 % du plus long chemin hydraulique

Le temps de concentration a été divisé par 2 dans le cadre du calage du modèle hydrologique sur les sous-bassins versants situés en amont d'Ablain-Saint-Nazaire et Carency pour représenter correctement le temps de réponse très rapide de l'évènement de juin 2016. La formule a été conservée pour les bassins versants situés en aval de ces 2 communes.

### **Coefficient de stockage (t2)**

Le coefficient de stockage est une représentation du stockage temporaire de l'eau. En réduisant « R », la forme de l'hydrogramme « se rétrécit » (la branche montante et la branche de récession ont une pente plus raide) provoquant une augmentation de la valeur de crête tout en réduisant également le temps de crête. En augmentant « R », la forme de l'hydrogramme « s'aplatit » ou s'atténue, ce qui réduit le pic de l'hydrogramme et étend la branche de récession de l'hydrogramme plus tard dans le temps. Le coefficient de stockage a été évalué dans un premier temps avec la formule suivante :

$$\frac{R}{T_c + R} = 0.65$$

Ce coefficient a fait l'objet d'un ajustement pour notamment retrouver les évaluations de débit présentés précédemment et obtenus à partir d'une exploitation de la modélisation hydraulique. Les valeurs s'échelonnent ainsi de 4.8 à 11 fois la valeur du temps de concentration retenu.

### **Coefficients G1W / G2W (loi de récession)**

Sur la partie amont, le débit de base de la rivière (débit dans la rivière avant l'arrivée du ruissellement) est jugée faible par rapport aux débits ayant transité pour les crues de mai et juin 2016. Aussi, aucun débit n'a été fixé dans la rivière considérant que la majorité du débit ayant transité est issu du ruissellement sur le bassin versant amont.

Deux réservoirs ont été utilisés :

- GW 1 pour modéliser les flux entrants à réponse plus rapide,
- GW 2 pour modéliser le débit de base à réponse plus lente.

Étant donné que la méthode de débit de base du réservoir linéaire conserve la masse, le taux d'infiltration doit être ajusté dans l'idéal avec les paramètres de débit de base. Dans le cas présent, l'absence de station hydrométrique sur le bassin versant rend difficile le calage de cette loi de récession. Les paramètres ont ainsi été ajustés pour restituer une récession réaliste et en accord avec les quelques informations à disposition sur la baisse des niveaux d'eau (ressuyage).

Paramètres	Valeurs retenues
G1W fraction	0.05 à 0.20 (selon bassin versant)
G1W coefficient	20 x R (coefficient de Stockage)
G1W Steps	4
G2W fraction	0.60 à 0.95
G2W coefficient	45 x R (coefficient de Stockage)
G2W Steps	4

**Tableau 20: Paramètres pour la méthode du réservoir linéaire**

Les paramètres retenus dans le cadre du calage du modèle hydrologique amont ont été repris en première approche dans le modèle hydrologique aval. En effet, le modèle hydrologique aval n'a pas été à proprement parler calé dans le cadre de la caractérisation de l'aléa de référence « débordement » dans la mesure où ses résultats n'ont pas été exploités dans le modèle hydraulique « débordement » aval. En effet, comme évoqué précédemment, aucun hydrogramme calculé à l'exutoire des sous-bassins versants dans le cadre de la modélisation hydrologique n'a été injecté à l'aval d'Angres dans le modèle hydraulique aval (au regard du caractère enterrée ou perchée de la Souchez sur la grande majorité de son linéaire à l'aval d'Angres, cf. chapitre 5.1.7).

A ce stade, c'est donc uniquement le modèle hydrologique amont qui est calé. Le modèle hydrologique aval a quant à lui été calé (les paramètres repris ici ont été recalibrés) dans le cadre du calage du modèle hydraulique « ruissellement ».

### 5.3.3. Résultats du calage sur l'événement de juin 2016

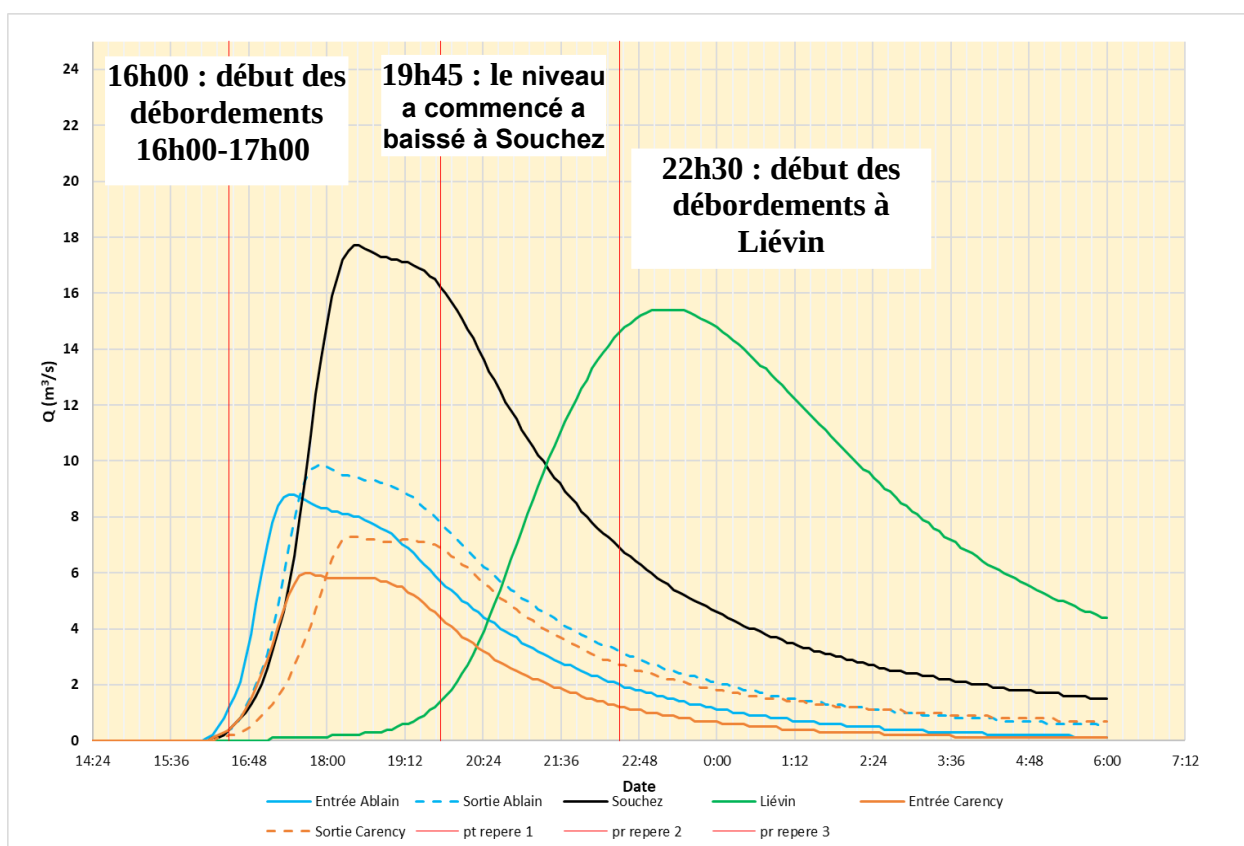
#### 5.3.3.1. Principaux résultats du calage sur la pluie du 7 juin 2016

Le pic de crue restitué pour l'évènement du 7 juin 2016, se produit entre 17h25 et 17h55 à Ablain-Saint-Nazaire, vers 18h30 à Souchez et autour de 23h15 à Liévin. Le tableau et la

figure suivantes illustre les principaux résultats du calage du modèle hydrologique sur la partie amont du bassin versant de la Souchez.

Localisation	Superficie (km <sup>2</sup> )	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	Horaire du débit de pointe
Entrée Ablain-Saint-Nazaire	9.1	8.8	17h25
Sortie Ablain-Saint-Nazaire	11.6	9.9	17h55
Entrée Carency	11.6	6.0	17h45
Sortie Carency	16.2	7.3	18h25
Souchez	31.2	17.7	18h30
Liévin	41.8	15.4	23h15

**Tableau 21: Synthèse des débits de pointe calculés à l'aide du modèle HEC-HMS pour la pluie du 7 juin 2016**



**Figure 22: Hydrogrammes de crue calculés à l'aide du modèle HEC-HMS pour la pluie du 7 juin 2016**

Concernant les principales zones d'apports sur l'amont du bassin de la Souchez, on retiendra :

- Débit spécifique sur l'amont du bassin versant de la Souchez entre 0.5 à 1 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>

- 84% du débit à Souchez produit en entrée d'Ablain-Saint-Nazaire et Carency (quelques apports intermédiaires et de l'écrêtement entre Ablain-Saint-Nazaire / Carency et Souchez)

### 5.3.3.2. Analyse de sensibilité du modèle hydrologique

Une analyse de sensibilité a été réalisée sur deux des principaux paramètres du modèle hydrologique, à savoir :

- Curve Number (CN) : qui conditionne fortement le calcul de la pluie nette (soit la pluie restante pour le ruissellement rapide). Des tests ont été réalisés en faisant varier de plus ou moins 10 % ce coefficient. L'absorption initiale a été conservée, malgré sa variation en toute logique avec le CN.
- Absorption initiale définie par le paramètre Ia : cette valeur est souvent fixée à  $0.2 \times S$  mais peut naturellement varier (avec  $S=25400/CN-254$ ). Un test a été réalisé en fixant cette valeur à  $0.1 \times S$  soit la moitié de la valeur retenue au final.

Localisation	Avec CN -10 %		Avec CN +10 %	
	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	Horaire du débit de pointe	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	Date du débit de pointe
Entrée Ablain-Saint-Nazaire	6.6 (* -2.2)	17h25	12.1 (* +3.3)	17h25
Sortie Ablain-Saint-Nazaire	7.4 (* -2.5)	17h55	13.4 (* +3.5)	17h50
Entrée Carency	4.4 (* -1.6)	17h45	8.6 (* +2.6)	17h40
Sortie Carency	5.4 (* -1.9)	18h25	10.3 (* +3.0)	18h25
Souchez	13.3 (* -4.4)	18h30	24.4 (* +6.7)	18h25
Liévin	11.8 (* -3.6)	23h15	20.8 (* +5.4)	23h10

**Tableau 23: Synthèse des débits de pointe calculés à l'aide du modèle HEC-HMS pour la pluie du 7 juin 2016 – Tests de sensibilité sur le paramètre CN**

\* (écart de débit par rapport aux résultats du calage de juin 2016)

Localisation	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	Horaire du débit de pointe
Entrée Ablain-Saint-Nazaire	11.7 (* +2.9)	17h25
Sortie Ablain-Saint-Nazaire	13.1 (* +3.2)	17h50
Entrée Carency	8.7 (* +2.7)	17h40
Sortie Carency	10.5 (* +3.2)	18h20
Souchez	24.2 (* +6.5)	18h25
Liévin	20.7 (* +5.3)	23h05

**Tableau 24: Synthèse des débits de pointe calculés à l'aide du modèle HEC-HMS pour la pluie du 7 juin 2016 – Tests de sensibilité sur le paramètre Ia**

\* (écart de débit par rapport aux résultats du calage de juin 2016)

Une augmentation de 10 % du CN conduit à augmenter le débit de pointe de :

- +27.3% à Ablain-Saint-Nazaire.
- +27.5% à Souchez,
- +26.0% à l'entrée de Liévin.

Une baisse de 10 % du CN conduit à diminuer le débit de pointe de :

- -33.3% à Ablain-Saint-Nazaire.
- -33.1% à Souchez,
- -30.5% à l'entrée de Liévin.

Une diminution de la capacité d'absorption de moitié (passage de 0.2xS à 0.1xS) conduit à augmenter le débit de pointe de :

- +24.8% à Ablain-Saint-Nazaire.
- +26.9% à Souchez,
- +25.6% à l'entrée de Liévin.

#### 5.3.3.3. Validation du calage sur la pluie du 30-31 mai 2016

Le modèle hydrologique calé sur l'évènement de juin 2016 a été exploité avec le même calibrage pour la pluie radar du 30-31 mai 2016. Le pic de crue restitué pour l'évènement du 30-31 mai 2016 se produit entre 02h15 et 03h15 à Ablain-Saint-Nazaire et Carency. Des débits importants se sont maintenus à Ablain-Saint-Nazaire jusqu'à 06h00-06h30 d'après l'exploitation du modèle hydrologique sur la partie amont du bassin versant de la Souchez.

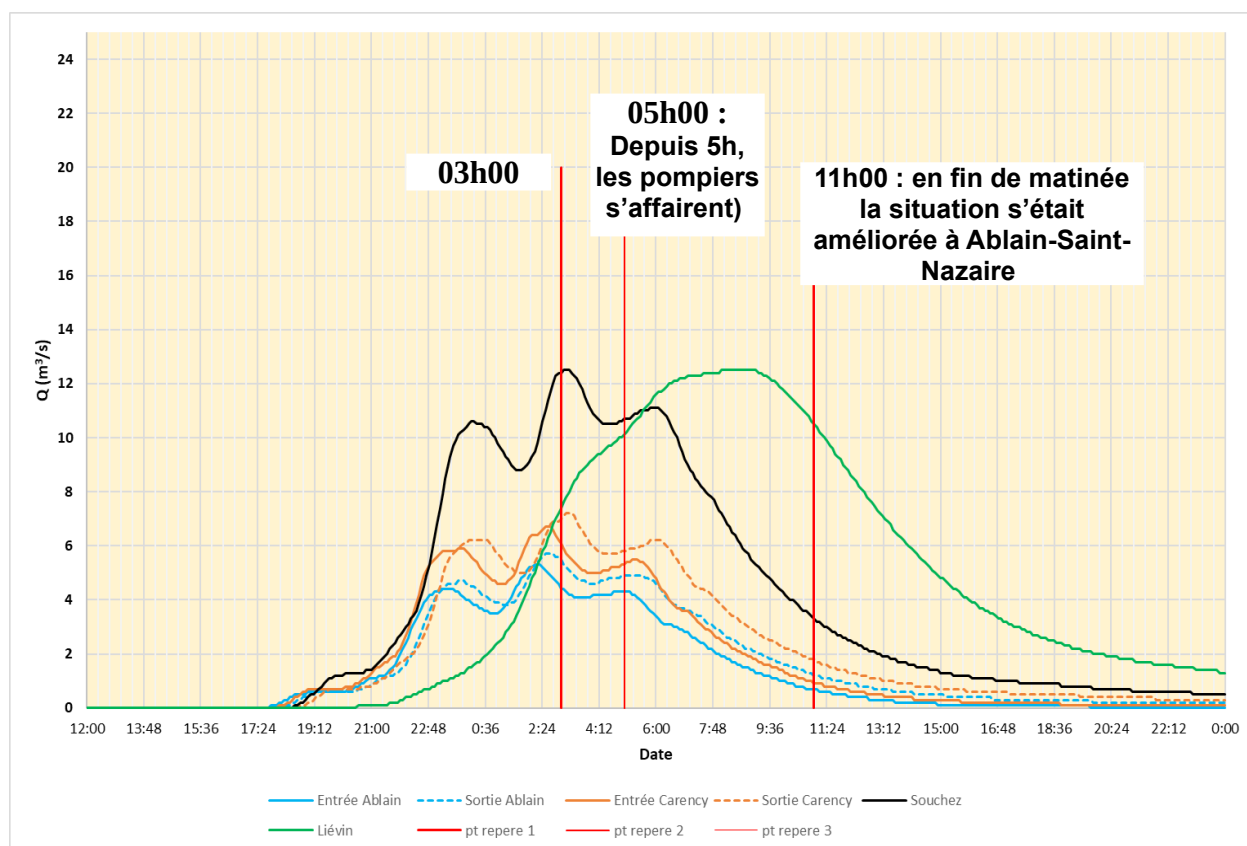
Localisation	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	Date du débit de pointe
Entrée Ablain-Saint-Nazaire	5.3 (* -3.5)	02h15
Sortie Ablain-Saint-Nazaire	5.7 (* -5.1)	02h40
Entrée Carency	6.3 (* +0.3)	02h35
Sortie Carency	6.7 (* -0.6)	03h15
Souchez	12.5 (* -5.2)	03h05
Liévin	12.5 (* -2.9)	08h45

**Tableau 25: Synthèse des débits de pointe calculés à l'aide du modèle HEC-HMS pour la pluie du 30-31 mai 2016**

\* (écart de débit par rapport à juin 2016)

3 repères de crue identifiés pour la crue de mai 2018 dans le cadre de la Phase 1 ont pu être valorisés.

N° repère de crue	Commune	Indication PHE	Z calculé (mNGF)	Z mesuré (mNGF)	Écart (cm)	Commentaires
23	Carency	NON	91.03	90.95	+8cm	Point d'injection du débit dans le Carency
30	Souchez	OUI	74.20	74.14	+6cm	
37	Souchez	OUI	72.84	72.48	+36cm	Pas évident ce que la cote restituée soit le PHE



**Figure 26: Hydrogrammes de crue - 31 mai 2016 – sortie HEC-HMS**

Concernant la reconstitution de l'hydrologie de la crue de mai 2016, on retiendra :

- Débit équivalent à celui de la crue de juin 2016 à Carency,
- Débit inférieur à celui de la crue de juin 2016 à Ablain-Saint-Nazaire,

- Pic de crue : entre 02h15 et 03h15 à Ablain-St-Nazaire et Carency,
- Débits importants à Ablain-St-Nazaire jusqu'à 06h00-06h30.

## 5.4. CALAGE DES MODÈLES HYDRAULIQUES

### 5.4.1. Principes du calage

Une fois le modèle hydraulique construit, il est nécessaire de procéder à sa validation en analysant sa réponse à des événements pluvieux réels ayant touché le bassin versant et en la confrontant d'une part aux données historiques (repères de crues et témoignages) et quantitatives (mesures de débit et niveaux aux stations hydrométriques disponibles). Pour mémoire il n'existe pas de station hydrométrique sur le bassin versant de la Souchez.

On distingue deux types de témoignages historiques :

- les témoignages non quantifiés ponctuels ou surfaciques (voirie ou lotissement inondé) qui permettent de localiser (plus ou moins précisément) l'inondation sans évaluation de la hauteur de submersion ou sans y adjoindre une photographie qui permettrait de reconstituer cette hauteur ;
- les témoignages quantifiés ou « repères de crue » (là encore avec une fiabilité plus ou moins bonne).

Le calage du modèle hydraulique « débordement » repose donc sur la comparaison entre les niveaux d'eau calculés par le modèle et les niveaux d'eau reconstituées lors de l'analyse historique (repères de crue). Les témoignages non quantifiés servent de validation qualitative et comportementale.

Au regard des repères de crue collectés et des données pluviométriques disponibles, l'évènement de 7 juin 2016 a été retenu pour le calage du modèle hydraulique « débordement » pour l'ensemble du bassin versant de la Souchez.

En effet de nombreux repères de crue ont été identifiés et de nombreux témoignages ont été recueillis pour l'évènement du 7 juin 2016 dans le cadre des entretiens avec les communes réalisés lors de la Phase 1. Ces informations rassemblées au sein d'une base de données ont ainsi été exploitées dans le cadre du calage du modèle hydraulique.

Une fois calé et validé, le modèle hydraulique a ensuite été exploité pour caractériser l'aléa de référence (cf. chapitre 5.5 du présent rapport).

### 5.4.2. Méthodologie et valeurs retenues

Dans le cadre du calage hydraulique, une comparaison est faite entre les niveaux d'eau calculés par le modèle et ceux reconstitués lors de l'analyse historique (repères de crues). La rugosité du lit mineur (et majeur) et les coefficients spécifiques de perte de charge des ouvrages (notamment les ouvrages de franchissement) sont les variables d'ajustement de cette étape. Il est important de noter que les incertitudes sur certains niveaux de crues

historiques estimés (observations de terrain, photographies, témoignages, etc.) peuvent être très importantes et bien supérieures à la précision du calcul numérique. La pertinence des points de calage hydraulique est appréciée en fonction de l'écart des résultats du modèle par rapport aux données historiques selon les quatre classes ci-après.

Validité du calage	
	Très bonne < 15 cm
15 cm <	Bonne < 25 cm
25 cm <	Moyenne < 50 cm
	Mauvaise > 50 cm

**Figure 31: Classes d'écart entre niveaux mesurés et calculés dans le cadre du calage du modèle hydraulique**

Pour l'évènement du 7 juin 2016, 22 repères de crues ont été exploités dans le cadre du calage du modèle débordement amont et 6 repères de crues dans le cadre du calage du modèle débordement aval.

Comme évoqué précédemment, le calage des modèles hydrauliques « débordement » sur la partie amont et aval du bassin versant de la Souchez repose sur l'ajustement des :

- Coefficients de rugosité (Strickler)
  - Du lit mineur : entre 15 et 30 selon les secteurs ;
  - De la Souchez enterrée (conduites) : entre 40 et 70 ;
  - de la Souchez canalisée: 40
  - Du lit majeur (découpage du lit majeur selon la base de données SIGALE) :

Urbain	15
Axe routier	40
Culture	30
Prairie	20
Forêt	11
Marais	20
Plan d'eau	40

- Coefficients de perte de charge au droit des ouvrages de franchissement ;
- Prise en compte d'embâcles au droit des ouvrages de franchissement.

La figure ci-après illustre les coefficients de frottement retenu (Manning) sur la partie amont du bassin versant de la Souchez (communes d'Ablain-Saint-Nazaire, Carency et Souchez).



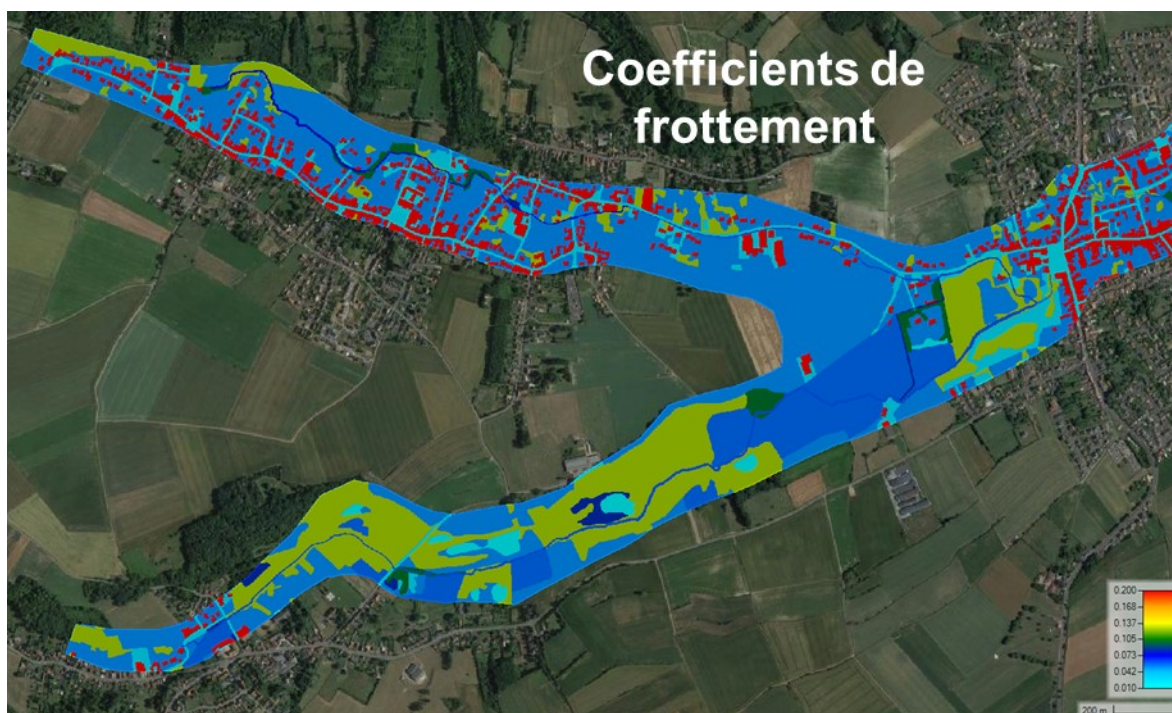


Figure 27: Coefficients de frottement retenus sur la partie amont du bassin versant de la Souchez

#### 5.4.3. Résultats du calage sur l'événement de juin 2016

##### **Calage du modèle hydraulique amont**

22 repères de crue ont ainsi été exploités dans le cadre du calage du modèle hydraulique débordement sur la partie amont du bassin versant de la Souchez. Les écarts entre les niveaux calculés par le modèle hydraulique et les repères de crue sont répartis dans les classes de validité suivantes.

- Très bonne [14]
- Bonne [5]
- Moyenne [2]
- Mauvaise [1]

- 63% des écarts en catégorie « Très bonne » = écart entre repère de crue et niveau calculé par le modèle hydraulique inférieur à 15 cm
- 1 écart dans la catégorie « mauvaise » : mur non représenté ci-dessous



Le tableau suivant illustre les résultats du calage sur la partie amont du bassin versant de la Souchez (écarts entre les niveaux calculés par le modèle hydraulique et les repères de crue).


N° repère de crue	Commune	Indication PHE	Z calculé (mNGF)	Z mesuré (mNGF)	Écart (cm)	Commentaires
11	Ablain-St-Nazaire	NON	98.03	98.08	-5cm	Écart limité au niveau du point de contrôle de début des débordements (avec intégration du bâti)
16	Ablain-St-Nazaire	OUI	84.66	84.59	+7cm	Point à proximité d'un pont et du cours d'eau
18	Ablain-St-Nazaire	OUI	83.57	83.3	+27cm	Écart important en amont d'un pont, avec un niveau assez homogène sur la section. Le repère est issu d'une marque visible sur des plaques béton (niveau de fiabilité moyen)
19	Ablain-St-Nazaire		81.8	81.8	0cm	Contre le mur d'une habitation
27	Ablain-St-Nazaire		77.03	79.69	+7cm	Point en amont du remblai SNCF
28	Souchez	OUI	74.42	74.14	+28cm	Écart important

**PROLOG INGÉNIERIE**

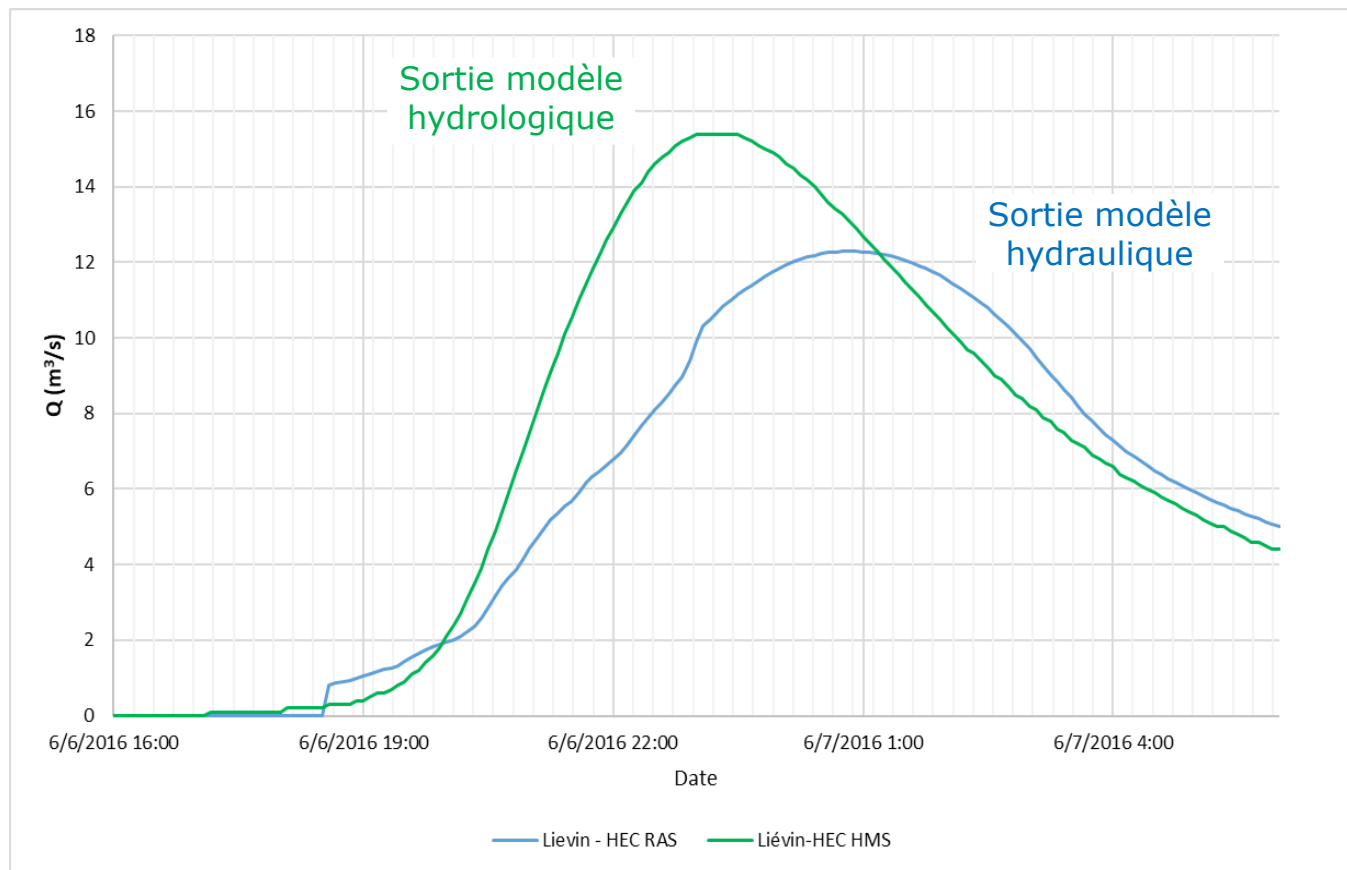
Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez – Phase 3  
- Livrable L4 : Détermination de l'aléa de référence -

R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

07/2022

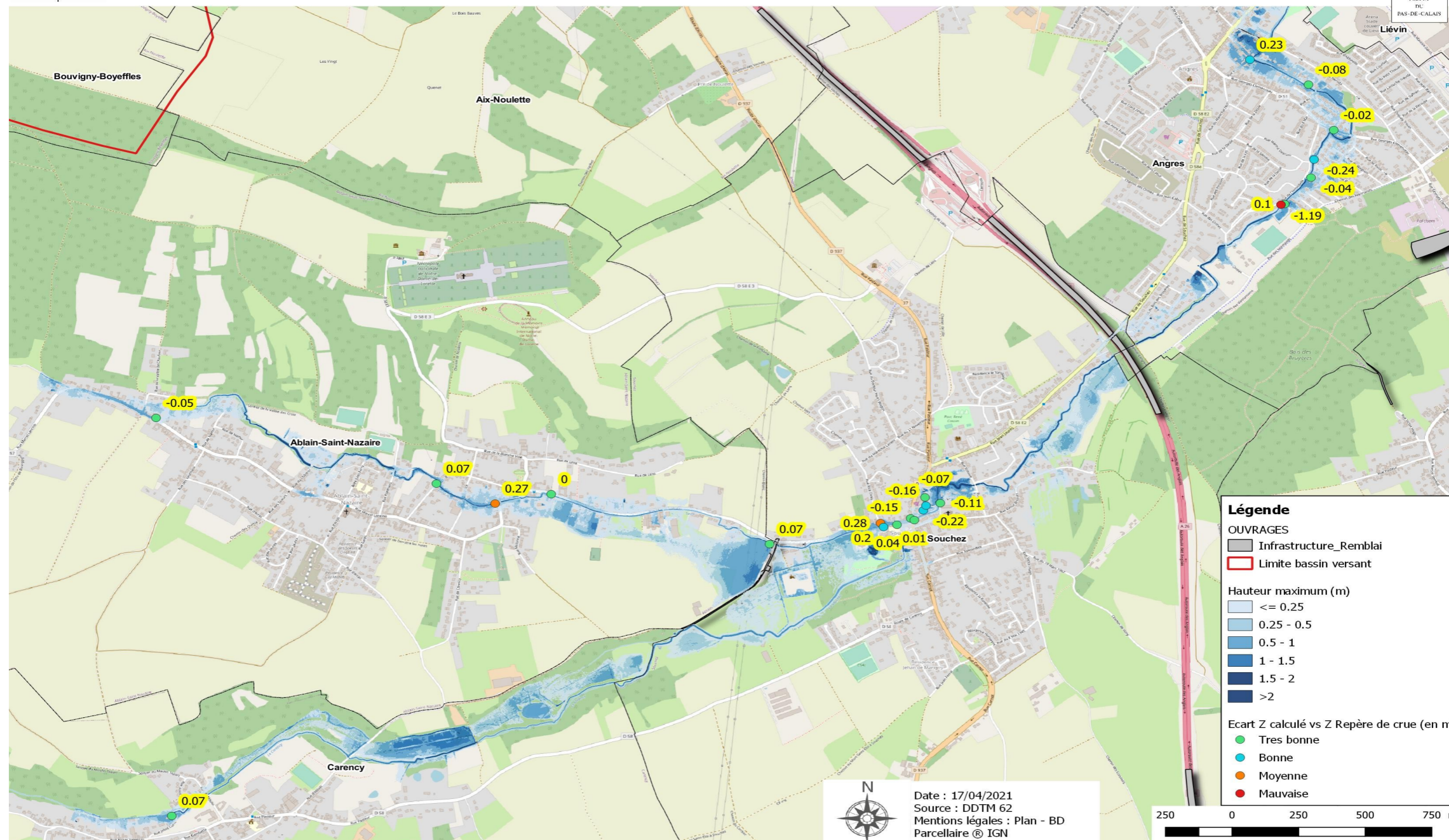
N° repère de crue	Commune	Indication PHE	Z calculé (mNGF)	Z mesuré (mNGF)	Écart (cm)	Commentaires
29	Souchez	OUI	74.42	74.22	+20cm	Écart important
30	Souchez	OUI	74.18	74.14	+4cm	Écart limité qui paraît plus cohérent
31	Souchez	NON	73.79	73.94	-15cm	
33	Souchez	NON	73.88	73.87	+1cm	Point de repère représentant la submersion du pont sur la Souchez
34	Souchez	OUI	72.7	72.93	-22cm	
35	Souchez	OUI	72.76	72.92	-15cm	
36	Souchez	OUI	72.76	72.83	-7cm	
38	Souchez	OUI	71.83	71.94	-11cm	
44	Angres	NON	59.13	59.03	+10cm	
45	Angres	OUI	59.26	60.45	-119cm	Écart très important lié à un effet de site avec le mur a canalisé les eaux / repère représentant le niveau dans le lit mineur 
46	Angres	NON	58.14	58.18	-4cm	Le point se situe à proximité de la Souchez
47	Angres	NON	57.04	57.28	-24cm	
48	Angres	OUI	56.12	56.14	-2cm	
49	Angres	NON	54.28	54.36	-8cm	
50	Angres	NON	53.65	53.42	+23cm	

**Tableau 28: Comparaison entre les niveaux calculés par le modèle et les repères de crue**



Décalage et écrêtement liés aux débordements non représentés dans le modèle hydrologique

**Figure 29: Hydrogramme de crue calculé en entrée de Liévin pour la crue de juin 2016**



**Figure 30: Comparaison des niveaux relevés sur le terrain avec ceux calculés (débordement des rivières / juin 2016)**



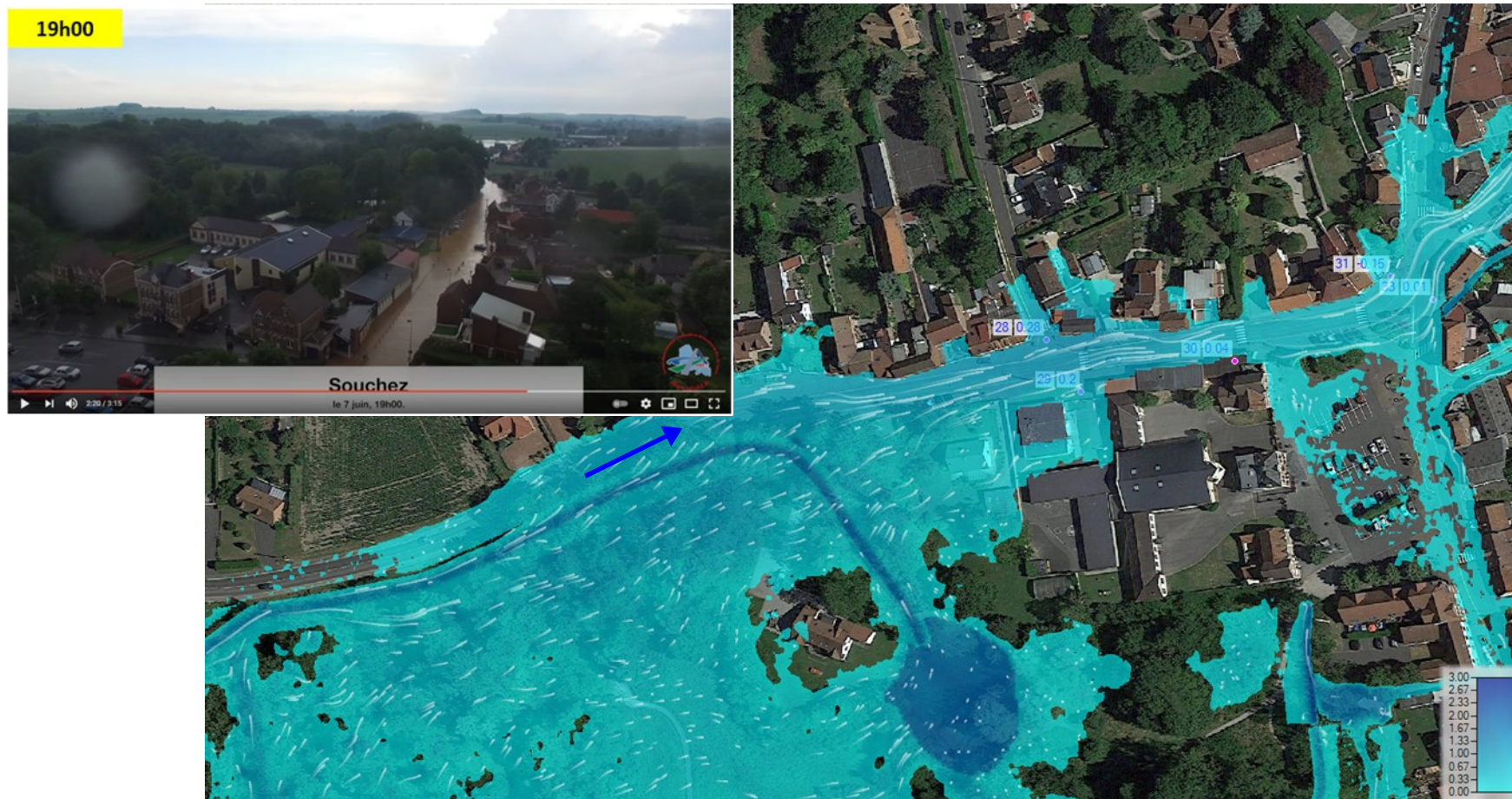
Figure 31: Point de contrôle rue Lancino à Ablain-Saint-Nazaire

**PROLOG INGÉNIERIE**

Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez – Phase 2  
 - Livrable L3 : Méthode de détermination des aléas -

R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

08/2020



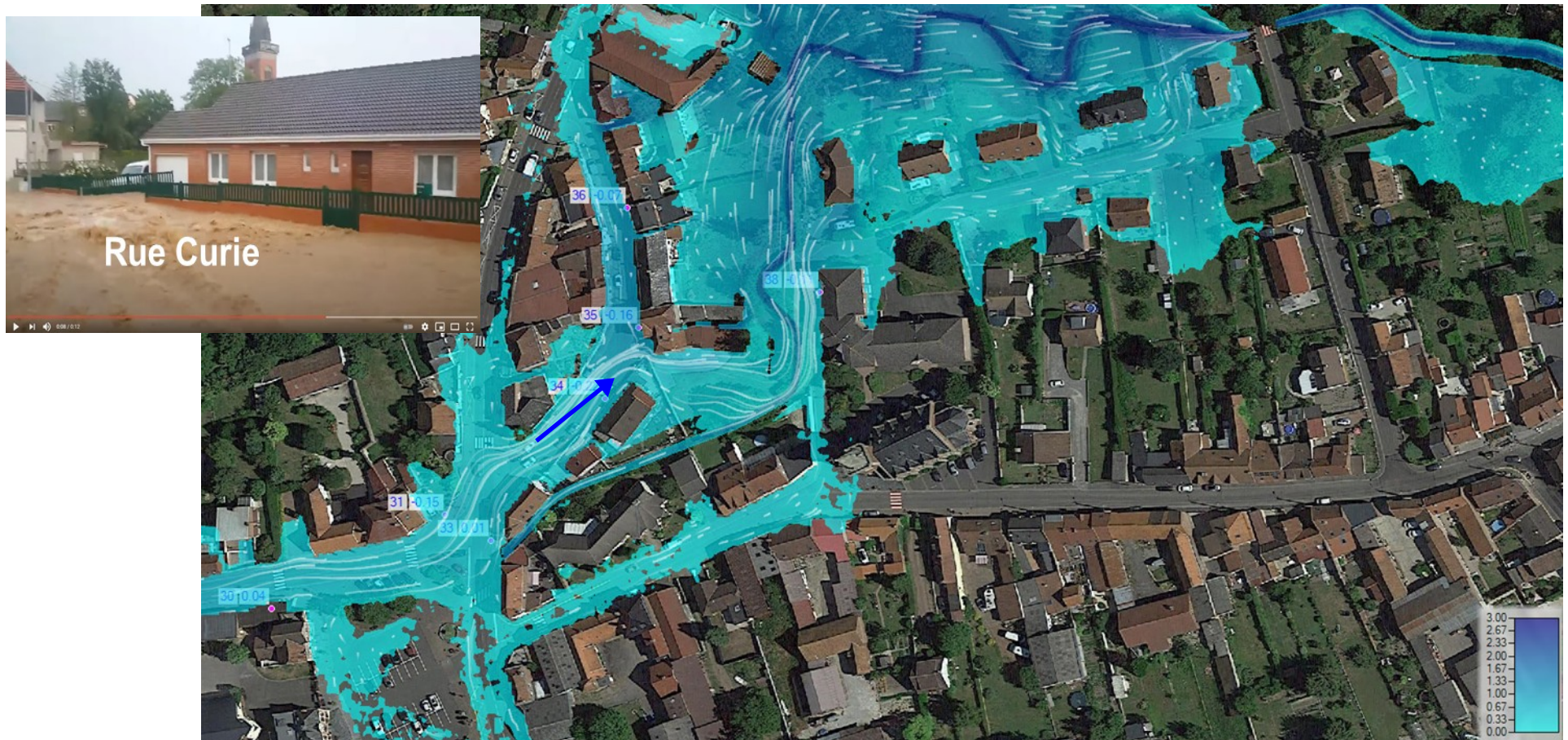
**Figure 32: Axe d'écoulement rue Pierre Brossolette à Souchez**

**PROLOG INGÉNIERIE**

Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez – Phase 2  
 - Livrable L3 : Méthode de détermination des aléas -

R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

08/2020



**Figure 33: Axe d'écoulement rue Curie à Souchez**

**PROLOG INGÉNIERIE**

Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez – Phase 2  
 - Livrable L3 : Méthode de détermination des aléas -

R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

08/2020





**Figure 34: Axe d'écoulement rue du pont à Angres**

**PROLOG INGÉNIERIE**

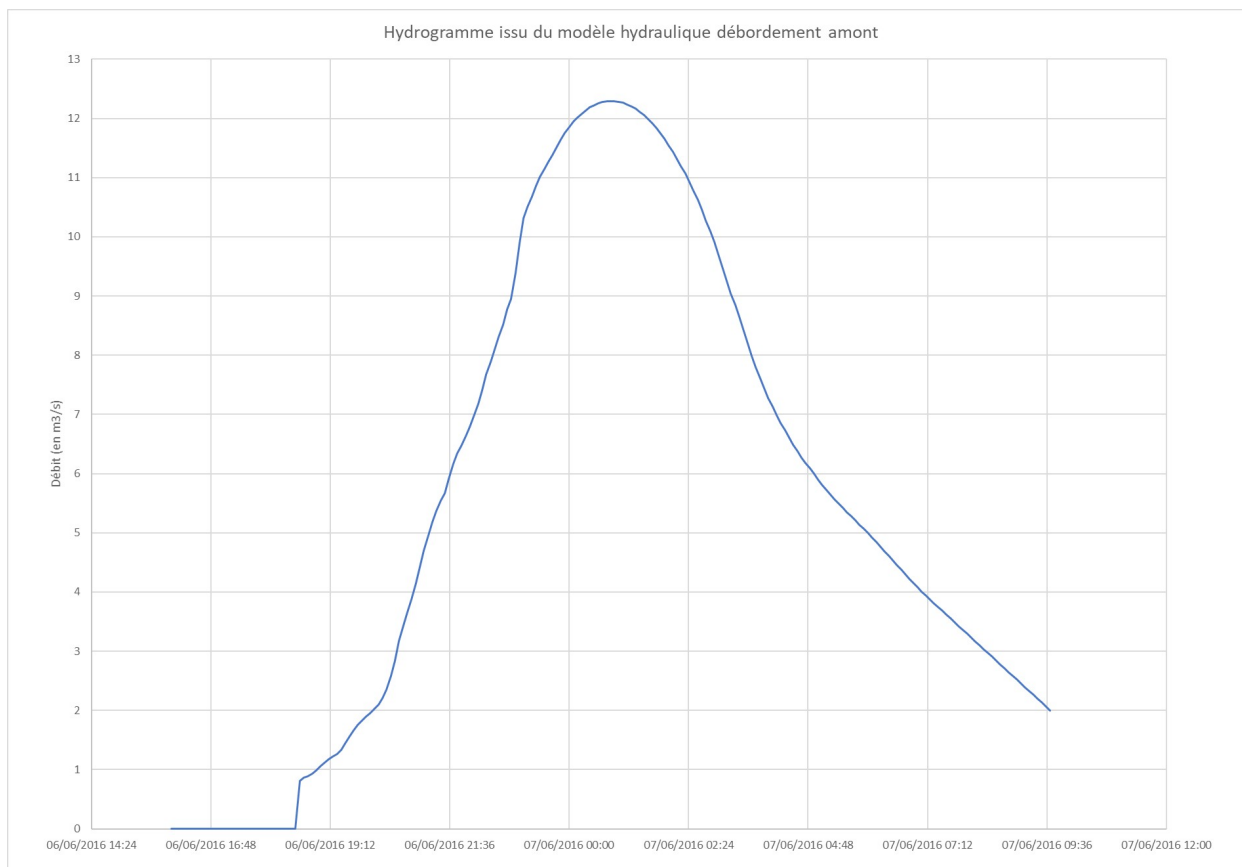
Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez – Phase 2  
 - Livrable L3 : Méthode de détermination des aléas -

R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

08/2020

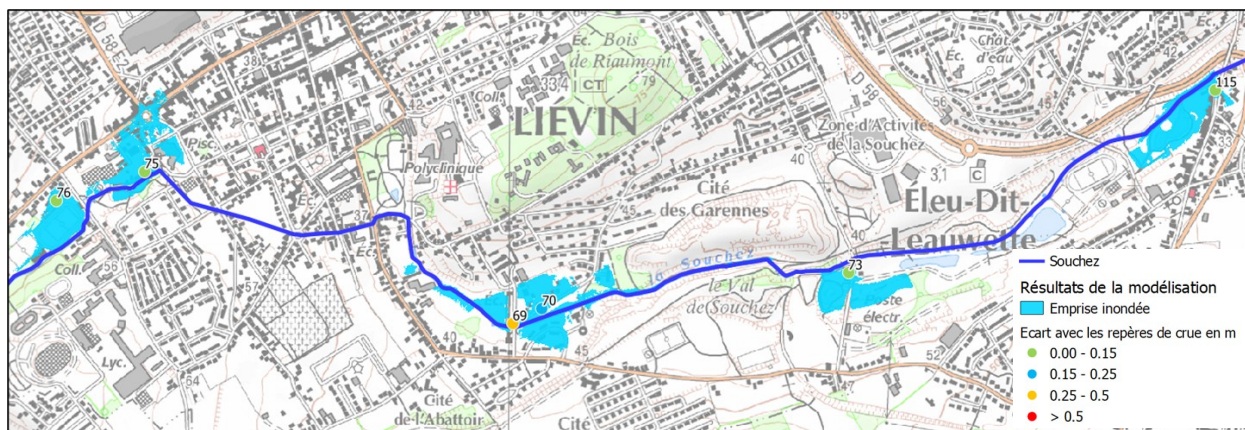
## **Calage du modèle hydraulique aval**

Le calage du modèle hydraulique « débordement » aval repose sur l'injection (condition limite amont) de l'hydrogramme calculé à Liévin par le modèle hydraulique « débordement » amont. La figure suivante illustre la condition limite amont du modèle hydraulique « débordement » aval (hydrogramme de crue dont le débit de pointe s'élève à 12.3 m<sup>3</sup>/s).



**Figure 32: Hydrogramme injecté à Liévin (condition limite amont) du modèle hydraulique « débordement » aval**

D'après l'analyse historique, l'événement du 7 juin 2016 a engendré des débordements en lit majeur de la Souchez. Ces zones de débordement sont toutes correctement retranscrites à l'aide du modèle hydraulique « débordement » aval. Les emprises inondées pour l'événement du 7 juin 2016 sur la partie aval du bassin versant de la Souchez sont illustrées sur les figures suivantes.



**Figure 33: Emprises inondées (résultats bruts) sur la partie aval du bassin versant de la Souchez pour l'événement de juin 2016**

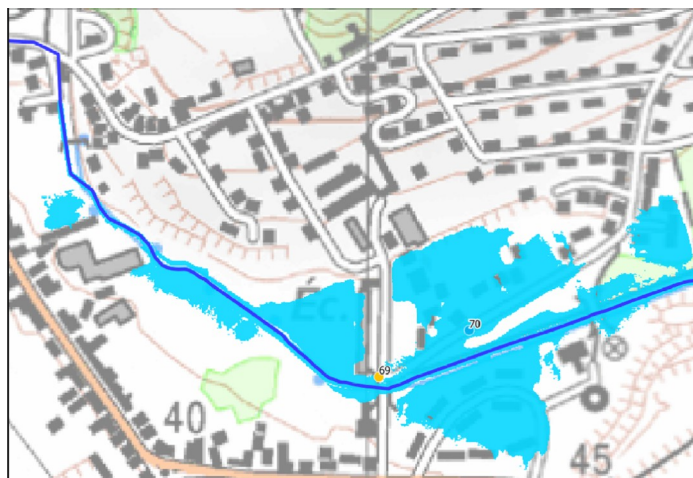
La commune de Liévin subit des débordements au droit du stade de Rollencourt et du Parc des Équipements. En raison de la topographie du lit majeur de la Souchez, les débordements sont limités en rive droite et plus importants en rive gauche. Les écarts entre niveaux reconstitués (repères de crue) et niveaux calculés sont inférieurs à 15 cm sur la commune de Liévin (cf. figure ci-dessous).



**Figure 34: Emprise inondée (résultats bruts) au droit du parc des Équipements à Liévin pour l'événement de juin 2016**

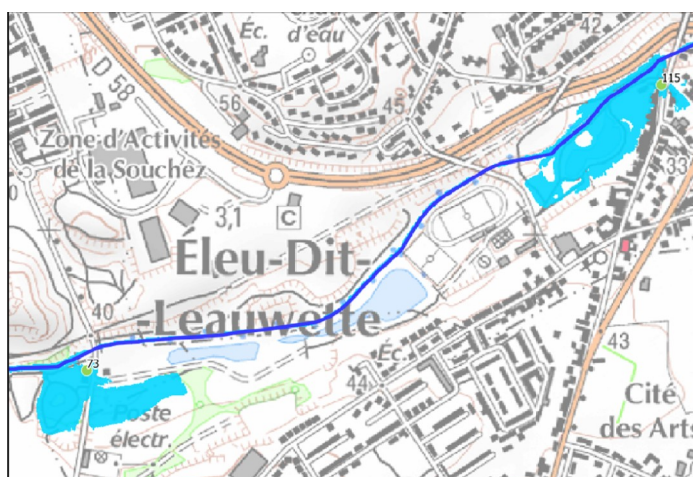
L'hydrogramme de crue est écrêté à l'aval de la partie enterrée sous Liévin en raison de la capacité limitée de la conduite et des débordements qui ont lieu sur Liévin en amont de cette dernière. Le débit de pointe devient inférieur à 7 m<sup>3</sup>/s à l'aval de la partie enterrée sous Liévin alors qu'il était supérieur à 12 m<sup>3</sup>/s en amont de cette dernière (cf. figure 37).

Plus à l'aval, de part et d'autre de la rue Léon Régnier et le long de la rue Fabre d'Églantine, un deuxième secteur de la commune de Liévin est inondé (en rive gauche et en rive droite de la Souchez). Les écarts entre niveaux reconstitués (repères de crue) et niveaux calculés sont compris entre 15 et 30 cm (cf. figure ci-après).



**Figure 35 : Emprise inondée (résultats bruts) au droit de la rue Léon Régnier pour l'évènement de juin 2016**

Plus à l'aval, 2 autres secteurs sont inondés sur la commune d'Eleu-Dit-Leauwette, un premier au droit du pont de la rue du Percot et un second en amont immédiat de la partie enterrée de la Souchez sous Lens. Sur ces deux secteurs, les écarts entre niveaux reconstitués (repères de crue) et niveaux calculés sont inférieurs à 5 cm (cf. figure ci-après).



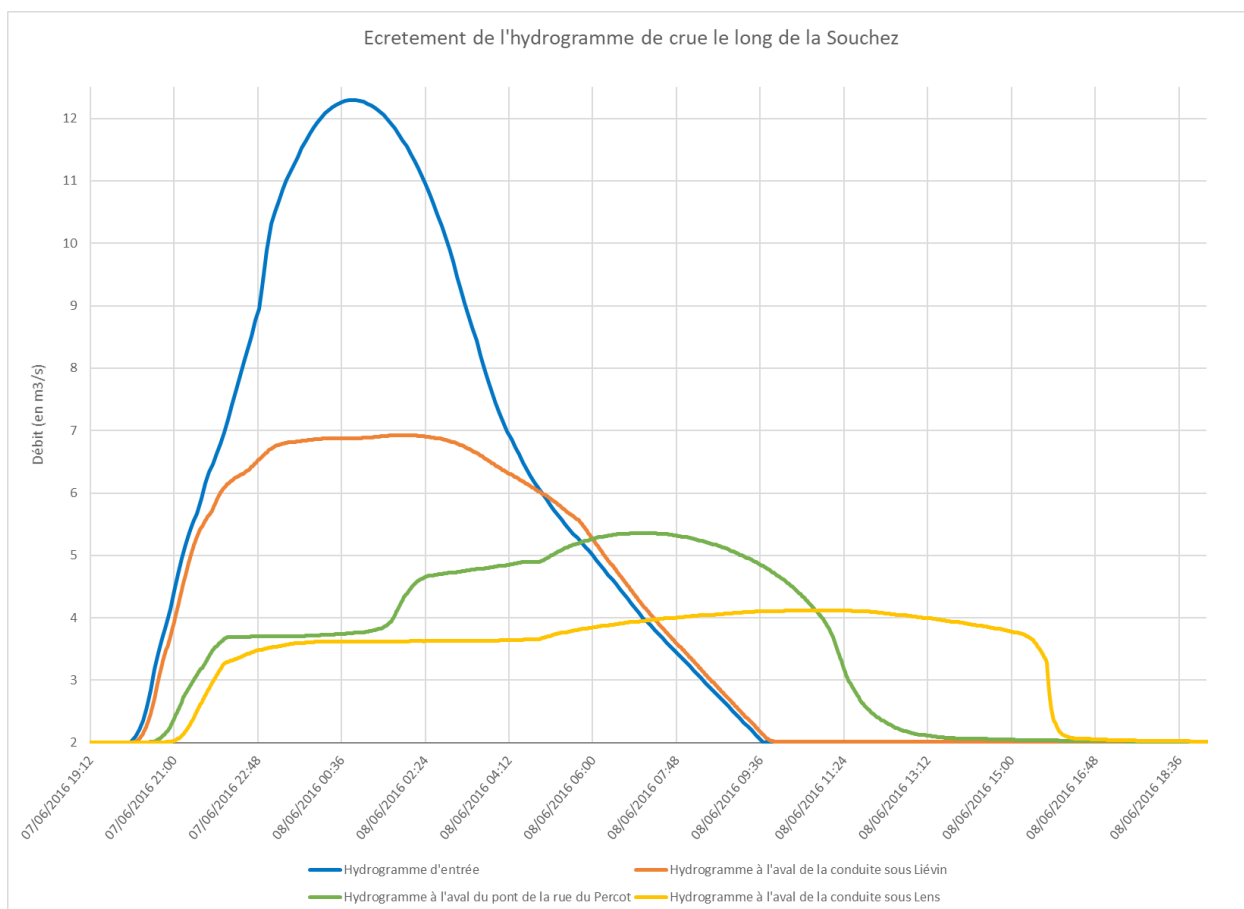
**Figure 36: Emprise inondée (résultats bruts) au droit sur la commune d'Eleu-dit-Leauwette pour l'évènement de juin 2016**

Le tableau suivant synthétise les résultats du calage au droit des repères de crue exploités sur la partie aval du bassin versant de la Souchez pour la crue de juin 2016.

Repères de crue			Modèle aval	
0	Très bonne	< 15 cm	4	67 %
15 cm <	Bonne	< 25 cm	1	16.5 %
25 cm <	Moyenne	< 50 cm	1	16.5 %
	Mauvaise	> 50 cm	0	0 %

**Tableau 35 : Résultat du calage du modèle hydraulique débordement sur la partie aval du bassin versant de la Souchez pour la crue de juin 2016**

La figure suivante illustre les hydrogrammes de crue calculé par le modèle hydraulique en différents points de la Souchez sur la partie aval du bassin versant. Comme évoqué précédemment, aucun apport de débit intermédiaire (en provenance des sous-bassins versants) n'est injecté dans le modèle à l'aval de Liévin (la Souchez étant essentiellement enterrée ou perchée sur la partie aval de son bassin versant). C'est pourquoi on observe un écrêtement progressif des hydrogrammes d'amont vers l'aval en raison de la capacité limitée des conduites (linéaires enterrés de la Souchez) et des débordements qui ont lieu en lit majeur de la Souchez entre Liévin et Lens.



**Figure 37: Écrêtement de l'hydrogramme de crue de long de la Souchez pour l'événement de juin 2016**

**Au regard des résultats précédents, le calage du modèle hydraulique « débordement » est jugé satisfaisant à l'échelle de l'ensemble du bassin versant de la Souchez (amont + aval). En effet, 85% des écarts entre les niveaux calculés par le modèle et les niveaux reconstitués (repères de crue) pour l'événement du 7 juin 2016 sont jugés très bons à bons. Le fonctionnement hydraulique est bien représenté. Globalement ou localement, les résultats de simulation montrent effectivement que le modèle reproduit les inondations identifiées et liées aux phénomènes de débordement de cours d'eau. Le tableau ci-après illustre les résultats du calage à l'échelle de l'ensemble du bassin versant de la Souchez.**

Calage	Modèle amont	Modèle aval	Total	
Très bon	14	4	18	64%
Bon	5	1	6	21%
Moyen	2	1	3	11%
Mauvais	1	0	1	4%

**Tableau 36 : Résultat du calage du modèle hydraulique débordement pour la crue de juin 2016**

## 5.5. MODÉLISATION DE L'ALÉA DE RÉFÉRENCE « DÉBOREMENT »

### 5.5.1. Définition de l'événement de référence pour le risque inondation par débordement de cours d'eau

Selon la doctrine PPR, « la crue de référence est la plus forte crue connue, et dans le cas où celle-ci serait plus faible qu'une crue de fréquence centennale, cette dernière ». La méthode pluie-débit fait l'hypothèse de la relative concordance entre la période de retour de la pluie et celle du débit de la crue générée par cette pluie.

Pour les trois événements historiques étudiés, l'analyse hydrologique a mis en évidence :

- la période de retour de la pluie du 13 août 2015 est localement de 100 ans ou plus sur 1h, notamment sur la partie aval du bassin versant de la Souchez,
- la période de retour de la pluie du 30-31 mai 2016 est localement de l'ordre de 50 ans sur 24h, notamment sur la partie amont du bassin versant de la Souchez,
- la période de retour de la pluie du 7 juin 2016 est localement largement supérieure à 100 ans sur 1h, notamment à l'amont du bassin versant (sur les communes de Souchez et Ablain-Saint-Nazaire et à l'aval sur les communes de Méricourt et Sallaumines).

Dans la mesure où aucune crue centennale n'a été mise en évidence lors de l'analyse historique menée en Phase 1 (en l'absence de donnée hydrométrique), il convient d'une part de définir la pluie de projet centennale à retenir à l'échelle du bassin versant de la Souchez pour modéliser l'aléa débordement de cours d'eau, et d'autre part de définir le débit centennal de la Souchez. Ce dernier a été estimé en différents points du bassin versant par analogie avec le débit de période de retour 100 ans sur le bassin versant de la Lawe déterminé par analyse fréquentielle à Bruay-la-Buissière dans le cadre des études menées par Prolog Ingénierie sur ce dernier pour le compte de la DDTM 62. L'estimation du débit de période de retour 100 ans de la Souchez est estimé à Souchez entre 24 et 32 m<sup>3</sup>/s (cf. chapitre 5.5.2 à la suite). Le débit calculé par le modèle hydraulique « débordement » amont à Souchez devra donc se situer dans cette fourchette pour valider les hypothèses de définition de l'aléa de référence.

Les paramètres clés pour la détermination d'une pluie de projet (hyétogramme) sont les suivants :

- la forme du hyétogramme ;
- la durée totale ;
- la durée intense.

Le choix de ces différents paramètres conditionne de façon importante les phénomènes de décalage temporel ou de cumul des différents apports et par conséquent la dynamique et l'ampleur de la propagation des crues au sein du bassin versant de la Souchez.

Il convient en règle générale de construire des pluies de projet qui présentent des paramètres cohérents avec la forme usuelle des pluies les plus intenses et les plus préjudiciables à l'échelle du bassin versant considéré.

Au regard de l'analyse historique réalisée, 2 types de pluies engendrent des inondations importantes à la fois par débordement et ruissellement sur le BV de la Souchez : pluies de printemps et pluies orageuses d'été (cf. pluies d'août 2015, de mai 2016 et de juin 2016). Il s'agit d'événements courts à très courts (de durée généralement comprise entre 1h et 1j) et parfois relativement localisés. Pour un cumul de précipitation donné, les phénomènes de ruissellement sont généralement plus importants pour des épisodes pluvieux court et intense tandis que les phénomènes de débordement de cours d'eau sont plus importants pour des épisodes pluvieux un peu plus long, dont la durée est généralement proche du temps de concentration du bassin versant étudié.

Il a donc été décidé de retenir la pluie du 30-31 mai 2016 (pluie de printemps) « centennialisée » (mise à l'échelle centennale) sur 24h comme événement de référence pour la caractérisation de l'aléa débordement de cours d'eau. Elle est mise à l'échelle centennale à l'aide des statistiques Météo France à la station de Lillers, soit un cumul de 98.6 mm sur 24h. Ce point a été validé lors du COTEC du 11/05/21. Les caractéristiques de cet événement de référence sont les suivantes :

- Pluie homogène sur le BV de la Souchez,
- Durée totale de l'événement : 24h,
- Utilisation des statistiques à la station de Lillers : 98.6 mm sur 24h,
- Conditions antérieures de pluviométrie : normales,
- Apports des sous-bassins versants à la Souchez nuls à l'aval de Liévin (Souchez enterrée ou perchée sur la majorité de son linéaire à l'aval de Liévin, cf. chapitre 5.1.7),
- Condition limite aval : niveau maximum atteint dans le canal de la Deûle à la confluence avec la Souchez canalisée pour la crue du 30-31 mai 2016.

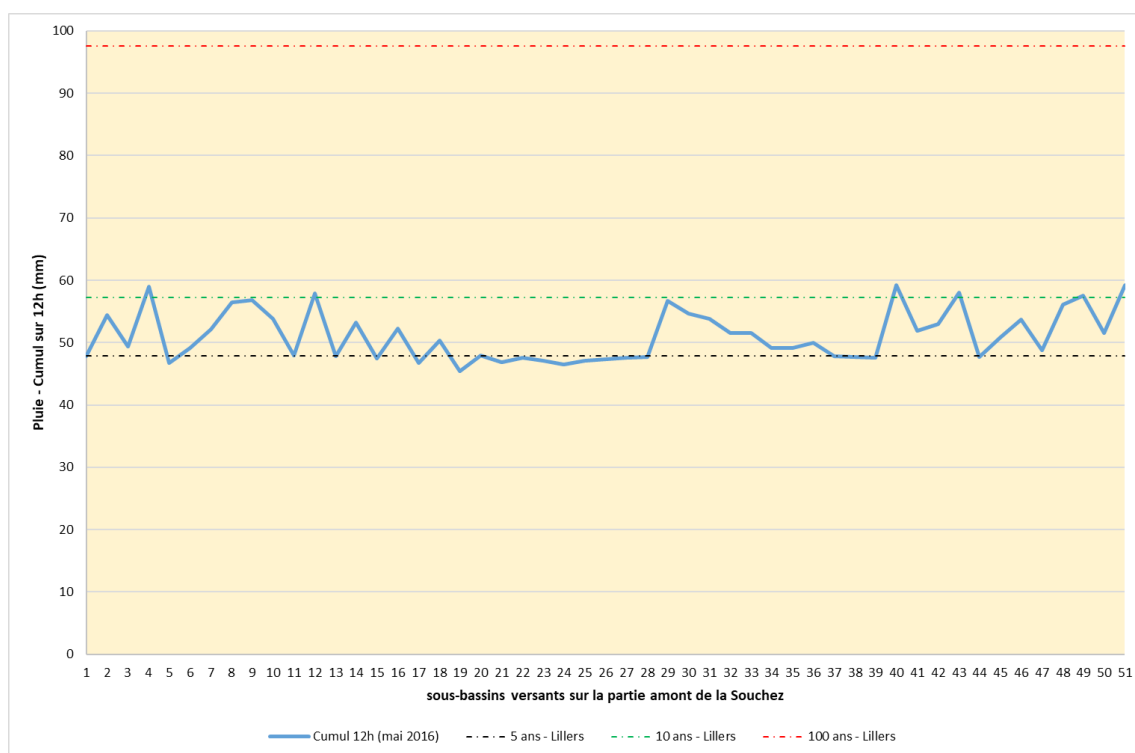
Les hyétogrammes de la pluie permettant de caractériser l'aléa de référence débordement ont été construits par homothétie des hyétogrammes mesurés (RADAR Météo France) sur le bassin versant de la Souchez lors de la pluie du 30-31 mai 2016. Les hyétogramme mesurés ont ainsi été mis à l'échelle centennale (« centennialisé ») en y appliquant un coefficient multiplicateur (homothétie) de manière à obtenir un cumul total de 98.6 mm sur 24h pour chacun des sous-bassins versants du territoire d'étude.

Au regard des tests de sensibilité sur la condition limite aval (cf. chapitre 5.5.3 à la suite), l'influence de cette dernière se fait essentiellement ressentir sur la partie canalisée de la Souchez, non débordante quel que soit le niveau considéré dans le canal de la Deûle à la confluence avec le canal de la Souchez. En cohérence avec l'événement historique du 30-31 mai 2016 à partir duquel l'événement de référence pour la caractérisation de l'aléa débordement a été défini, le niveau maximum atteint dans le canal de la Deûle à la confluence avec la Souchez canalisée pour la crue du 30-31 mai 2016 a été retenu comme condition limite aval (soit un niveau de 22.09 m NGF).



Il est important de rappeler que l'événement de mai 2016 est globalement de période de retour comprise entre 5 et 20 ans sur la majeure partie du bassin versant de la Souchez (cumuls de précipitation sur 24h compris entre 50 et 70 mm). L'événement de référence « débordement » présente des cumuls (98.6 mm sur 24h) par endroit 2 fois supérieurs à ceux observés en mai 2016. L'événement de référence « débordement » est ainsi beaucoup plus intense que l'événement de mai 2016.

Les valeurs centennales du poste de Lillers sont en effet nettement supérieures aux cumuls de la pluie de mai 2016 sur l'amont du bassin versant de la Souchez. A titre d'illustration, on trouvera ci-dessous un comparatif des pluies sur la partie amont de la Souchez. Cette dernière a été découpée en 51 sous-unités. Sur chaque unité, une pluie de bassin a été calculée en exploitant l'image radar de la pluie du 31 mai 2016. Sont ainsi comparés ci-dessous les cumuls sur 12h pour la pluie du 31 mai 2016 avec les valeurs statistiques du poste de Lillers pour plusieurs occurrences. **La pluie de mai 2016 sur le bassin amont de la Souchez (cumul sur 12h), a une occurrence comprise entre 5 et 10 ans avec les références statistiques de la station de Lillers.**



**Figure 37: Cumul sur 12h pour l'événement de mai 2016 sur la partie amont du bassin versant de la Souchez VS statistiques à Lillers**

### 5.5.2. Analogie avec le bassin versant de la Lawe

En l'absence de donnée hydrométrique sur le bassin versant de la Souchez, les débits de crues ont été estimés par analogie avec le bassin versant voisin de la Lawe. Ces deux bassins versants sont très proches géographiquement et ils présentent des caractéristiques

en matière d'occupation des sols et de pédologie très similaires. On peut en effet légitimement considérer que le fonctionnement du bassin versant rural de la Lawe en amont de la Bruay-la-Buissière possède un fonctionnement hydrologique proche de celui du bassin versant de la Souchez également rural en amont de Souchez.

Cette analogie est plus difficilement réalisable à Liévin (plus en aval sur le bassin versant) au regard des nombreux débordements et de l'écrêtement naturel du débit entre Souchez et Liévin, d'où le choix de l'estimation des débits à Souchez dans le cadre de cette analogie. Il s'agit là d'obtenir un ordre de grandeur du débit de période de retour 100 ans sur la Souchez pour valider les hypothèses de définition de l'événement de référence sur le bassin versant de la Souchez.

On peut donc écrire :

$$\frac{Q_{Souchez}}{Q_{Bruay}} = \left( \frac{S_{BV_{Souchez}}}{S_{BV_{Bruay}}} \right)^\alpha$$

Avec :

- $Q_{Souchez}$  : débit de période de retour 100 ans de la Souchez à Souchez
- $Q_{Bruay}$  : débit de période de retour 100 ans de la Lawe à Bruay-la-Buissière
- $S_{BV_{Souchez}}$  : superficie du bassin versant de la Souchez à Souchez
- $S_{BV_{Bruay}}$  : superficie du bassin versant de la Lawe à Bruay-la-Buissière

Le paramètre  $\alpha$  a été estimé entre 0.55 et 0.7 à l'aide des débits calculés en différents du bassin versant situés en amont de Souchez pour les événements de mai et juin 2016. Ce coefficient a tendance à baisser naturellement avec l'occurrence de la crue. On peut retenir un coefficient de l'ordre de 0.55 pour exploiter les débits obtenus sur la Lawe. On fait donc l'hypothèse d'une corrélation entre les sous-bassins versants de la Lawe et de la Souchez pour des superficies d'au moins quelques dizaines de km<sup>2</sup>. Il semble envisageable de faire une extrapolation des débits calculés sur le bassin de la Lawe à Bruay-la-Buissière (bassin versant de 114 km<sup>2</sup>) au moins jusqu'à Souchez (bassin versant de l'ordre de 31.2 km<sup>2</sup>).

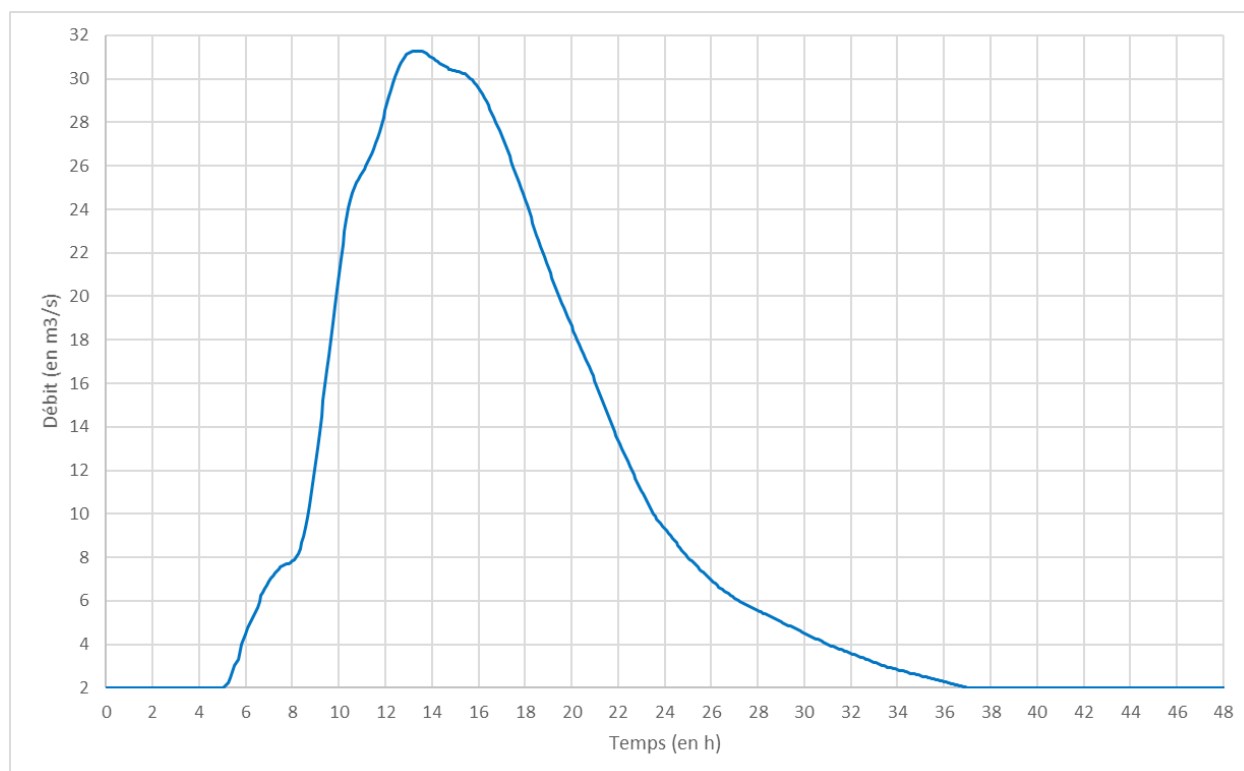
Le tableau ci-après illustre les débits de crue de la Souchez à Souchez estimés pour différentes périodes de retour par analogie avec les débits de crue de la Lawe à Bruay-la-Buissière (les deux colonnes correspondent à un pivot de 5 ans ou 10 ans pour la méthode du Gradex ayant permis d'évaluer les débits de crue de la Lawe à Bruay-la-Buissière.

Souchez		
T	QIX – 5 ans (en m <sup>3</sup> /s)	QIX – 10 ans (en m <sup>3</sup> /s)
1 000	84	69
200	46	34
100	32	24
50	22	16
20	13	11
10	9	8
5	7	7

**Tableau 38: Débits de crue de la Souchez à Souchez estimés par analogie avec les débits de crue de la Lawe à Bruay-la-Buissière**

La simulation de la pluie du 30-31 mai 2016 « centennialisée » (événement de référence pour la caractérisation de l'aléa débordement) engendre un débit de crue de 31.3 m<sup>3</sup>/s à Souchez dans le modèle hydraulique. Le débit de pointe calculé par le modèle hydraulique « débordement » amont à Souchez est bien situé dans la plage de débit estimée (entre 24 et 32 m<sup>3</sup>/s), les hypothèses de définition de l'événement de référence sont ainsi validées.

L'hydrogramme calculé par le modèle hydraulique « débordement » en amont à Liévin pour la pluie du 30-31 mai 2016 « centennialisée » (condition limite amont du modèle hydraulique « débordement » aval) possède un débit de pointe de 31.3 m<sup>3</sup>/s, il est illustré sur la figure suivante.

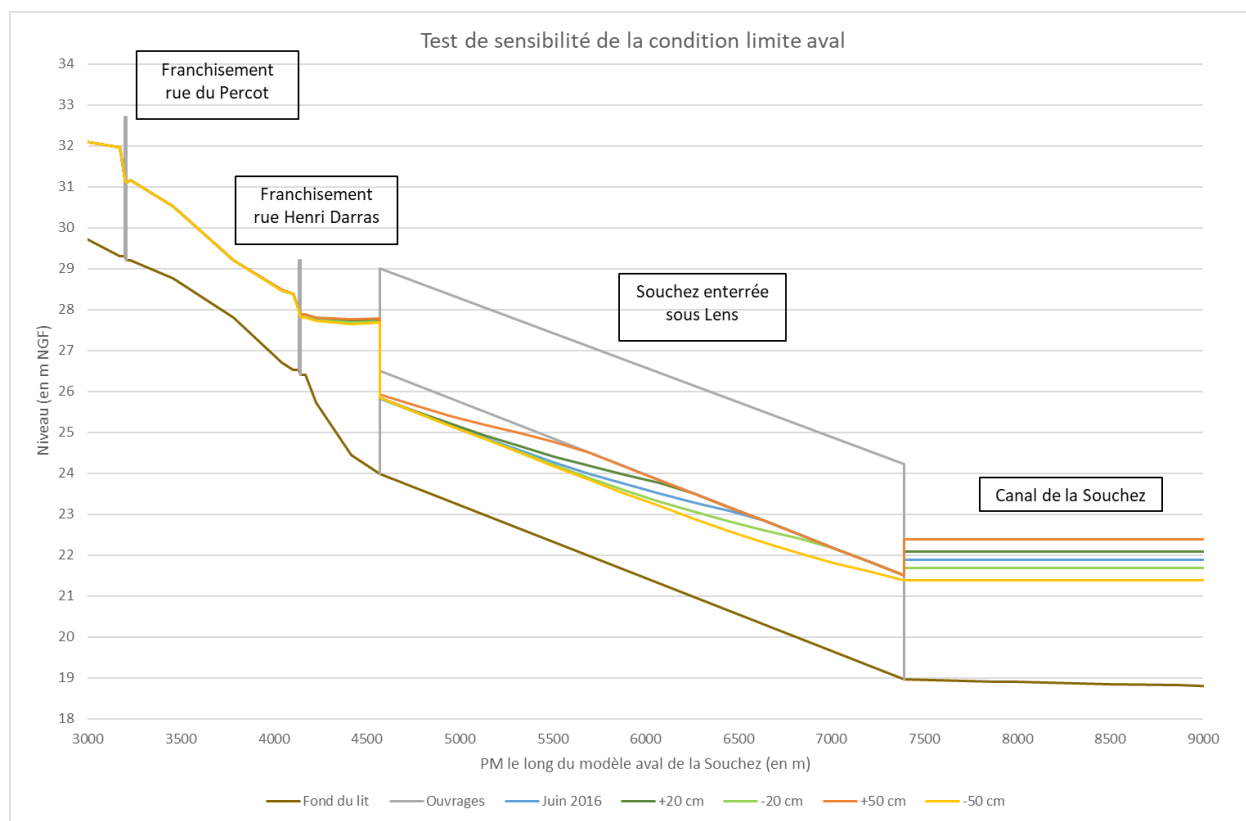


**Figure 38: Condition limite amont du modèle hydraulique « débordement » aval**

### 5.5.3. Test de sensibilité sur la condition limite aval

Un test de sensibilité sur la condition limite aval (niveau d'eau dans le canal de la Deûle à la confluence avec la Souchez canalisée) a été réalisé. Le canal de la Souchez ayant une très faible pente, son niveau est conditionné par celui du canal de la Deûle sur un linéaire important, le test de sensibilité doit permettre de déterminer le linéaire d'influence de la condition limite aval.

Dans le cadre du test de sensibilité, 4 nouvelles conditions limites aval ont été testées pour la simulation de l'événement de juin 2016, 20 cm et 50 cm ont été respectivement ajoutés et retirés au niveau d'eau maximum atteint dans le canal de la Deûle lors de l'événement de juin 2016. Les résultats de ces simulations sont présentés sur le graphique ci-après sous forme de lignes d'eau.



**Figure 39: Test de sensibilité sur la condition limite aval**

Le tableau ci-après illustre les écarts de niveau calculés en différents points de modèle numérique pour les différentes conditions limites aval testées.

	<b>Z aval juin 2016 21.87 m NGF</b>	<b>Z aval +20cm 22.07 m NGF</b>	<b>Z aval -20cm 22.67 m NGF</b>	<b>Z aval +50cm 22.37 m NGF</b>	<b>Z aval -20cm 21.37 m NGF</b>
Amont de la partie enterrée sous Lens ((Eleu-Dit-Leauwette)	27.73	27.75 <b>+ 2 cm</b>	27.71 <b>- 2 cm</b>	27.78 <b>+ 5 cm</b>	27.68 <b>- 5 cm</b>
Aval du pont de la rue Henri Darras (Eleu-Dit-Leauwette)	27.84	27.86 <b>+ 2 cm</b>	27.83 <b>- 1 cm</b>	27.88 <b>+ 4 cm</b>	27.81 <b>- 3 cm</b>
Amont du pont de la rue Henri Darras (Eleu-Dit-Leauwette)	28.39	28.39 <b>0 cm</b>	28.38 <b>- 1 cm</b>	28.39 <b>0 cm</b>	28.38 <b>- 1 cm</b>

**Tableau 39: Écarts des niveaux calculés en différents points du modèle pour les différentes conditions limite aval testées**

Au regard de la faible pente de la partie canalisée de la Souchez, le niveau dans le canal de la Deûle impose le niveau sur l'ensemble du linéaire du canal de la Souchez. En amont de la partie enterrée de la Souchez sous Lens (soit 2 800 m en amont du canal de la Souchez), les écarts sur la ligne sont très faibles et peuvent être jugés négligeables. Ils sont de  $\pm 2$  cm et  $\pm 5$  cm pour une condition limite aval de respectivement  $\pm 20$  cm et  $\pm 50$  cm. 400 m plus en amont (en amont du franchissement de la rue Henri Darras) et sur tout le reste du modèle, les écarts sur la ligne d'eau sont nuls quelle que soit la condition limite aval.

Par ailleurs il est important de souligner qu'une surélévation de la condition limite aval de 50 cm n'engendre aucun débordement sur la partie canalisée de la Souchez. Les résultats sont ainsi inchangés par rapport à l'événement de juin 2016 (en termes d'emprises inondées).

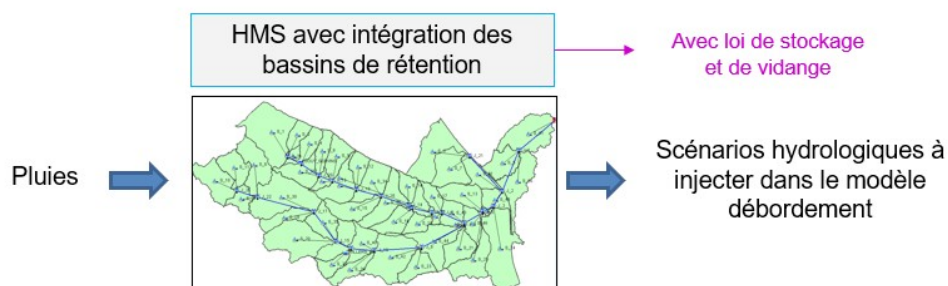
#### 5.5.4. Prise en compte des bassins de rétentions existants

Dans le cadre de la concertation sur les aléas, la prise en compte des ouvrages structurants réalisés depuis les crues de mai et juin 2016 a été demandée. Aussi, deux bassins de rétention présents à la date de l'étude sur le bassin versant amont, ont été pris en compte dans le cadre de la définition des aléas :

- Gouy-Servins (capacité = 4 200 m<sup>3</sup>)
- Villers-au-Bois (capacité = 5 160 m<sup>3</sup>)

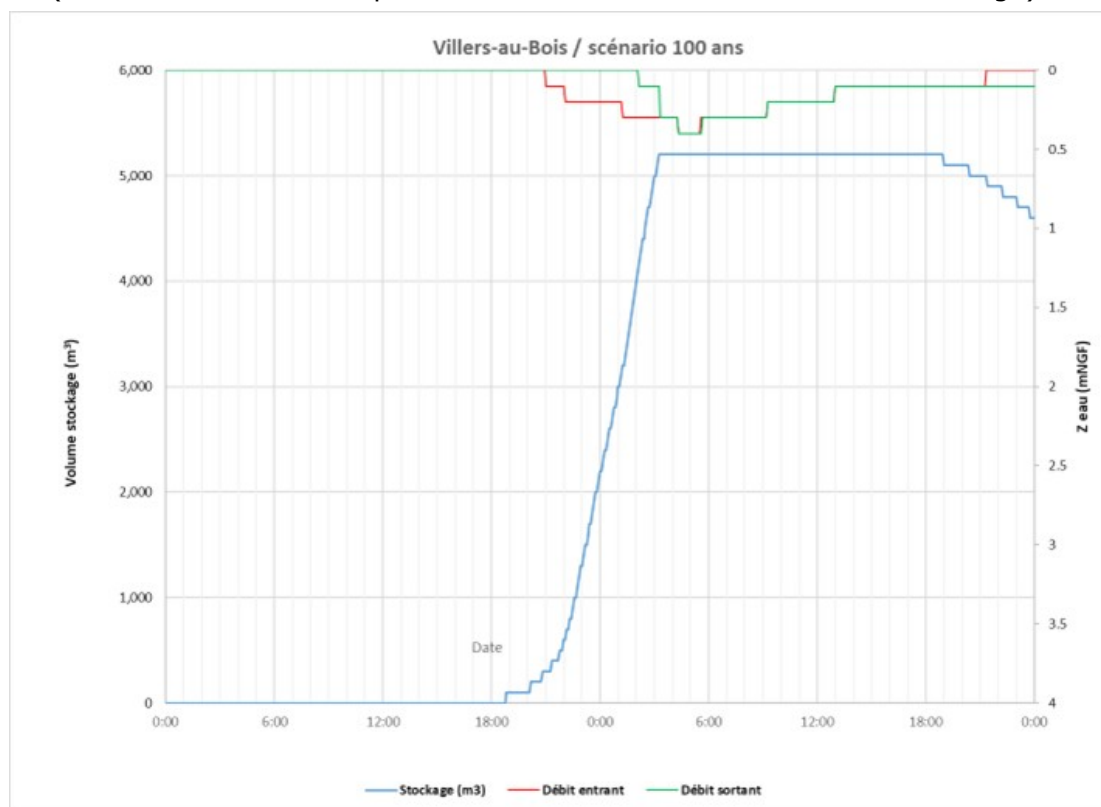


Ces bassins ont été intégrés à la fois dans le *modèle hydrologique* (voir figure ci-dessous) pour la définition des scénarios hydrologiques pour l'*aléa débordement* (Saint-Nazaire, Carency, Souchez) et dans le *modèle hydraulique* pour l'*aléa ruissellement* (voir partie 6.6.2).



Pour l'aléa débordement avec pluie longue, on constate pour l'évènement de référence un écart de 0.1 m<sup>3</sup>/s sur le débit à Souchez au niveau de la confluence Saint-Nazaire/Carency.

Le graphique ci-après illustre l'effet du bassin de Villers-au-Bois pour une pluie longue. On constate que le bassin atteint sa cote maximale (en bleu) et n'écrête alors plus le débit entrant (débit sortant en vert équivalent au maximum au débit entrant en rouge).



### 5.5.5. Résultats de la modélisation pour l'aléa de référence « débordement »

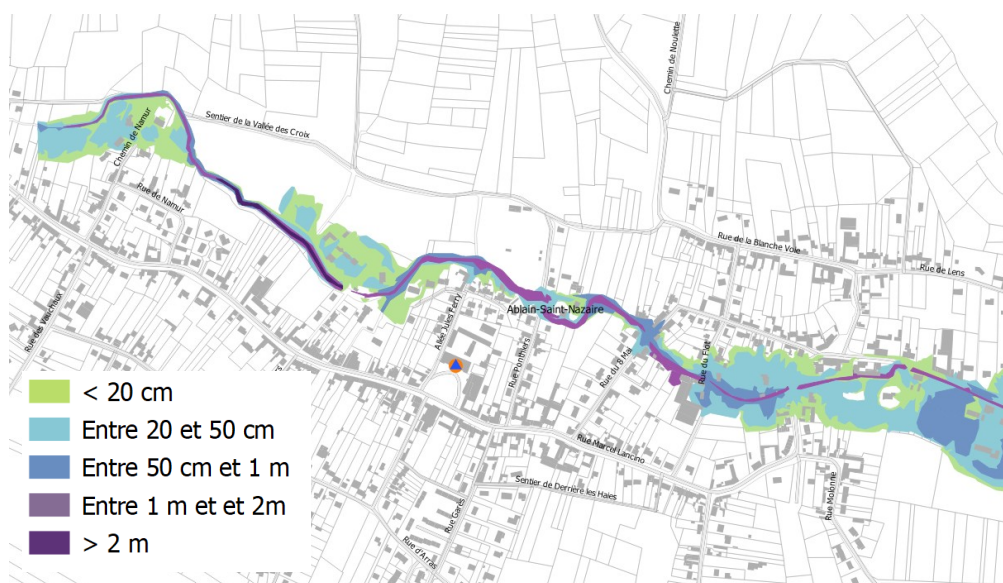
#### **Modèle amont**

L'emprise de la zone inondée pour « l'aléa de référence » est assez proche sur la commune d'Ablain-Saint Nazaire de celle de la crue de juin 2016. Les principales évolutions en termes d'emprise vont concerner :

- D'une part, la commune de Carency, avec un débit injecté supérieur à celui de juin 2016 (+8.5 m<sup>3</sup>/s).
- Et d'autre part, l'aval de la confluence du Saint-Nazaire et de la Souchez (à partir de la commune de Souchez).

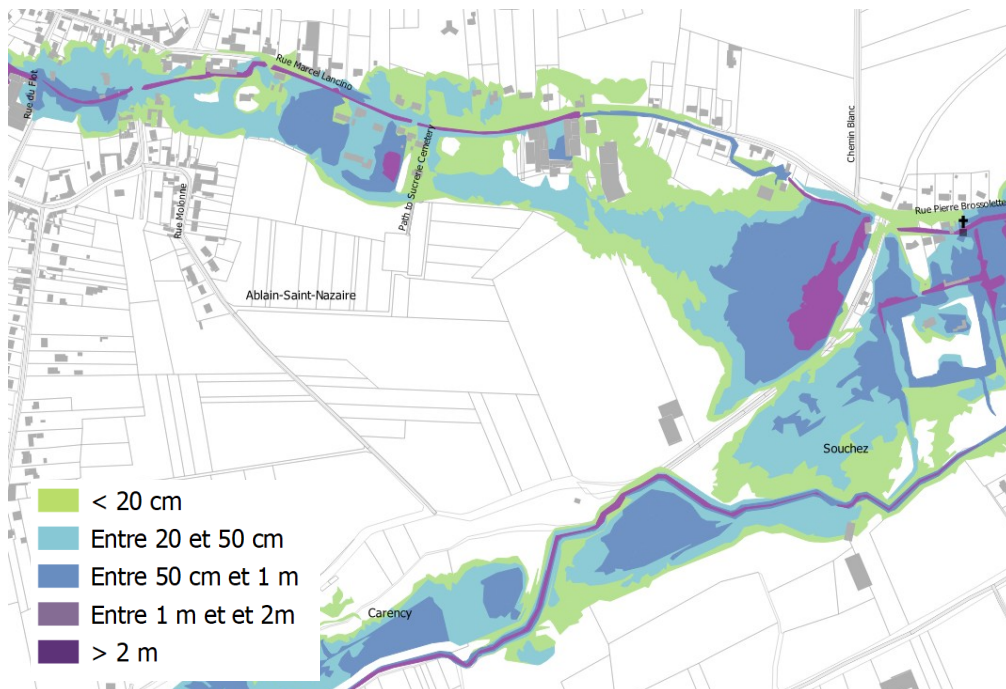
L'évènement de référence « débordement » est en effet plus important sur l'axe du Carency. Ce sous-bassin versant est plus grand que celui en amont d'Ablain-Saint-Nazaire (11.6 km<sup>2</sup> contre 9.1 km<sup>2</sup>) a en effet produit moins de débit en juin 2016. Les principales zones inondées et éléments à retenir sur la partie amont sont rappelés ci-dessous :

- Axe de débordement au début de la rue Lancino après le débouché du chemin à Cailloux ; les hauteurs de submersion sont en majorité inférieures à 1m sur la commune d'Ablain-Saint-Nazaire.





- Zone d'accumulation en amont de l'ancien remblai de la voie SNCF en sortie d'Ablain-Saint-Nazaire.

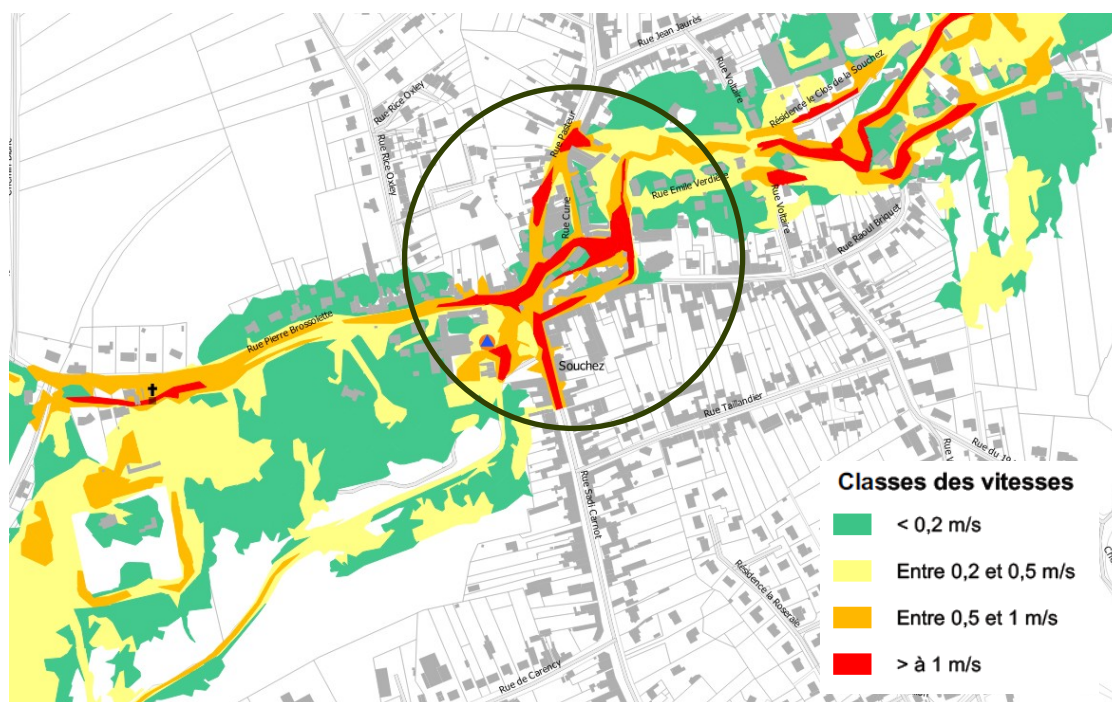


- Zones d'expansion au niveau de la commune de Carency en aval du bourg :

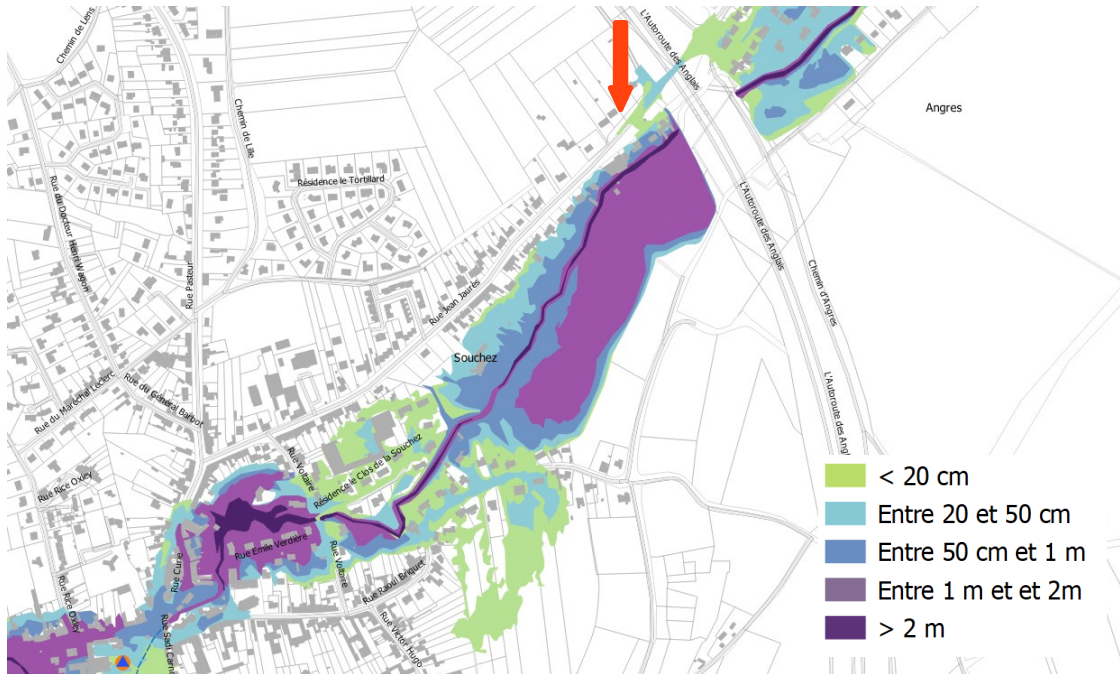


- Point de concentration des débordements au niveau de la commune de Souchez : rue Pierre Brosollette (des vitesses importantes avaient été constatées lors des crues de mai et juin 2016 avec une érosion de la couche de roulement de la chaussée). Les eaux débordées empruntent ensuite les rues Curie et Pasteur.

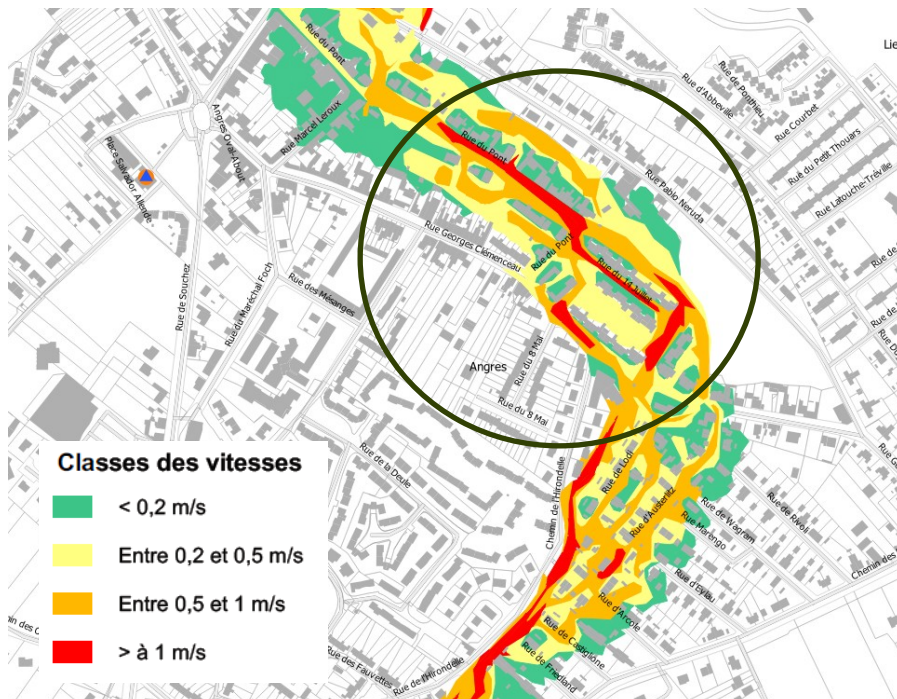
On note également des débordements au niveau de la place de Kensington pour « l'aléa de référence ».



- Zone d'accumulation en amont du remblai de l'Autoroute des Anglais, avec un passage des débordements sous l'ouvrage routier.



- Axe de débordement important axe des vitesses au niveau de la rue Georges Clémenceau et la rue du Pont :



**PROLOG INGÉNIERIE**

Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez – Phase 3  
- Livrable L4 : Détermination de l'aléa de référence -

R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

07/2022

## **Modèle aval**

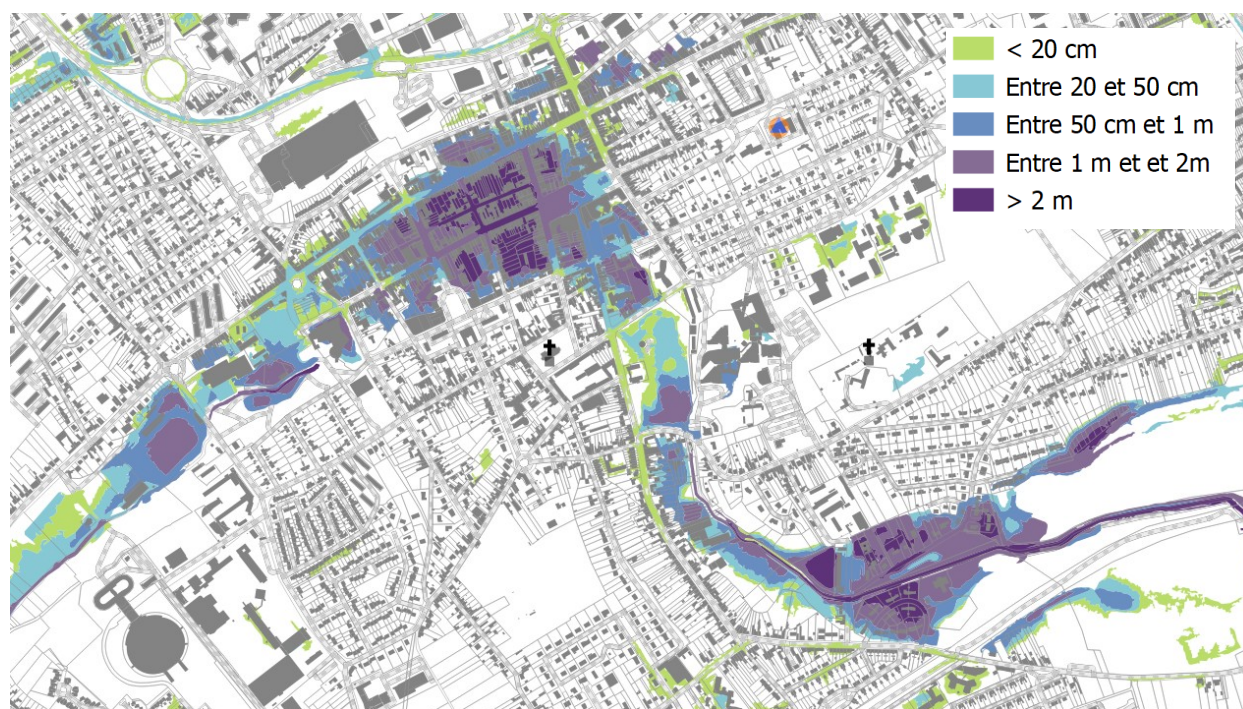
L'événement de référence « débordement » de période de retour 100 ans engendrent des débordements bien plus importants que ceux observés lors des événements de mai et juin 2016. Pour mémoire les périodes de retour du débit de la Souchez pour les événements de mai et juin 2016 sont estimées respectivement à 10 ans et 20 ans.

D'importantes inondations sont observées sur la commune de Liévin, en rive gauche et en rive droite de la Souchez. De manière similaire à ce qui a été observé lors de la crue de juin 2016, la Souchez déborde en rive gauche au droit du stade Rollencourt et du Parc des Équipages (hauteurs d'eau comprises entre 0.5 m et 2 m).

Contrairement à la crue de juin 2016, les écoulements se propagent cette fois-ci également en direction du centre-ville de Liévin au Sud de la rue Jean-Baptiste Défernez et jusqu'à la rue Victor Hugo. On observe sur ce secteur des hauteurs de submersion localement supérieures à 2 m (correspondant à des « conditions extrêmes » d'aléa, cf. grille d'aléa fonctionnel), notamment au droit de la rue Madame Lequette et de la rue Antoine Dilly.

Des débordements sont également observés au droit du Jardin Public, entre la Souchez et la rue du 4 Septembre en rive droite (hauteurs de submersion inférieures à 1 m) mais aussi plus à l'aval au droit des rues Léon Régnier et Fabre d'Églantine en rive gauche et entre la Souchez et la rue Uriane Sorriaux en rive droite (hauteurs de submersion localement supérieures à 2 m).

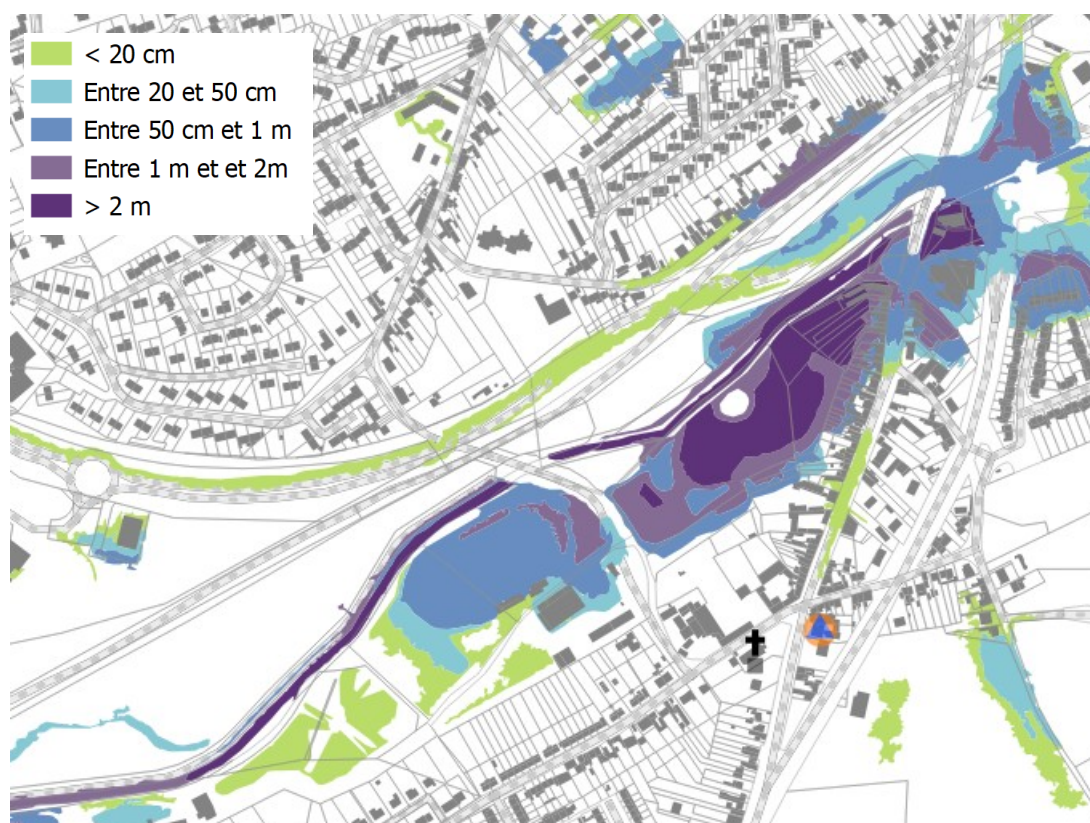
La figure suivante illustre les hauteurs de submersion pour la modélisation de l'aléa de référence « débordement » sur la commune de Liévin.



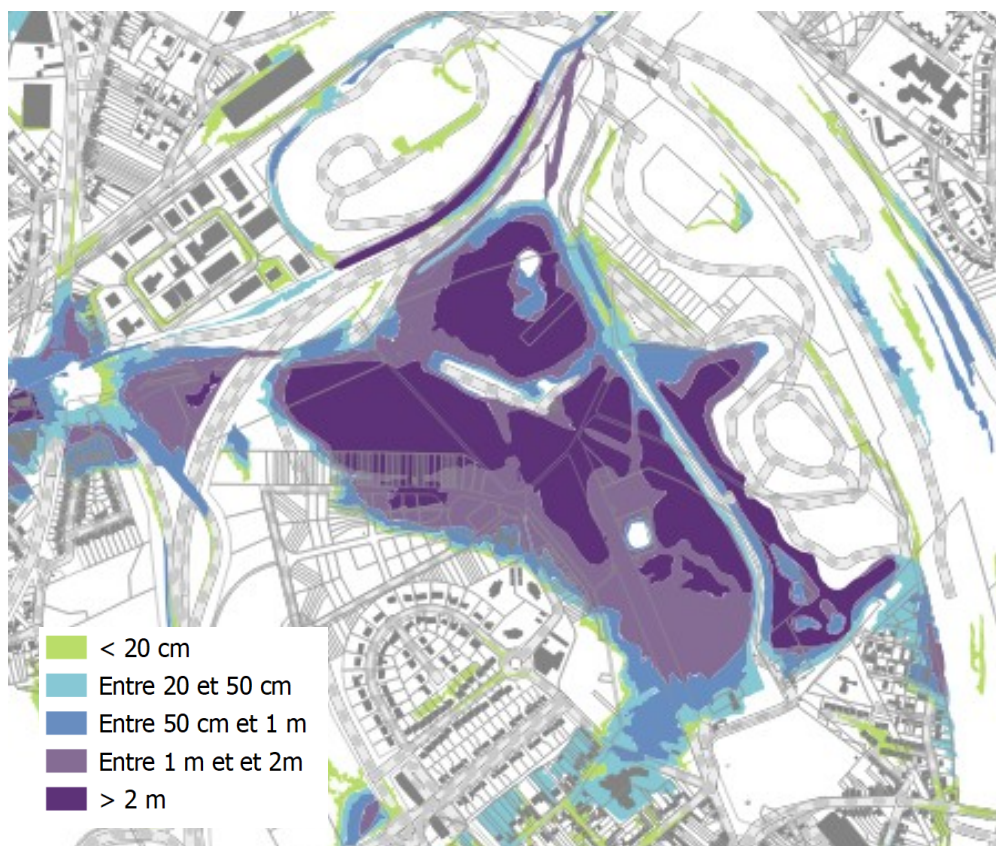
**Figure 40: Hauteurs de submersion pour l'aléa de référence sur la commune de Liévin**

Des débordements (hauteurs de submersion localement supérieures à 2 m) sont observés plus à l'aval au droit de la rue Percot (en rive droite de la Souchez, à la frontière entre les communes de Liévin et Avion) et au droit de la rue Gabriel Péri (toujours en rive droite de la Souchez en amont de la partie enterrée de la Souchez sous Lens) sur la commune d'Eleu-dit-Leauwette. Les écoulements passent ensuite sous l'A211 et inondent le Parc du Lac de la Glissoire avec des hauteurs de submersion également localement supérieures à 2 m.

Les figures suivantes illustrent les hauteurs de submersion pour la modélisation de l'aléa de référence « débordement » sur les communes d'Eleu-dit-Leauwette et Avion.



**Figure 41: Hauteurs de submersion pour l'aléa de référence sur la commune d'Eleu-dit-Leauwette**



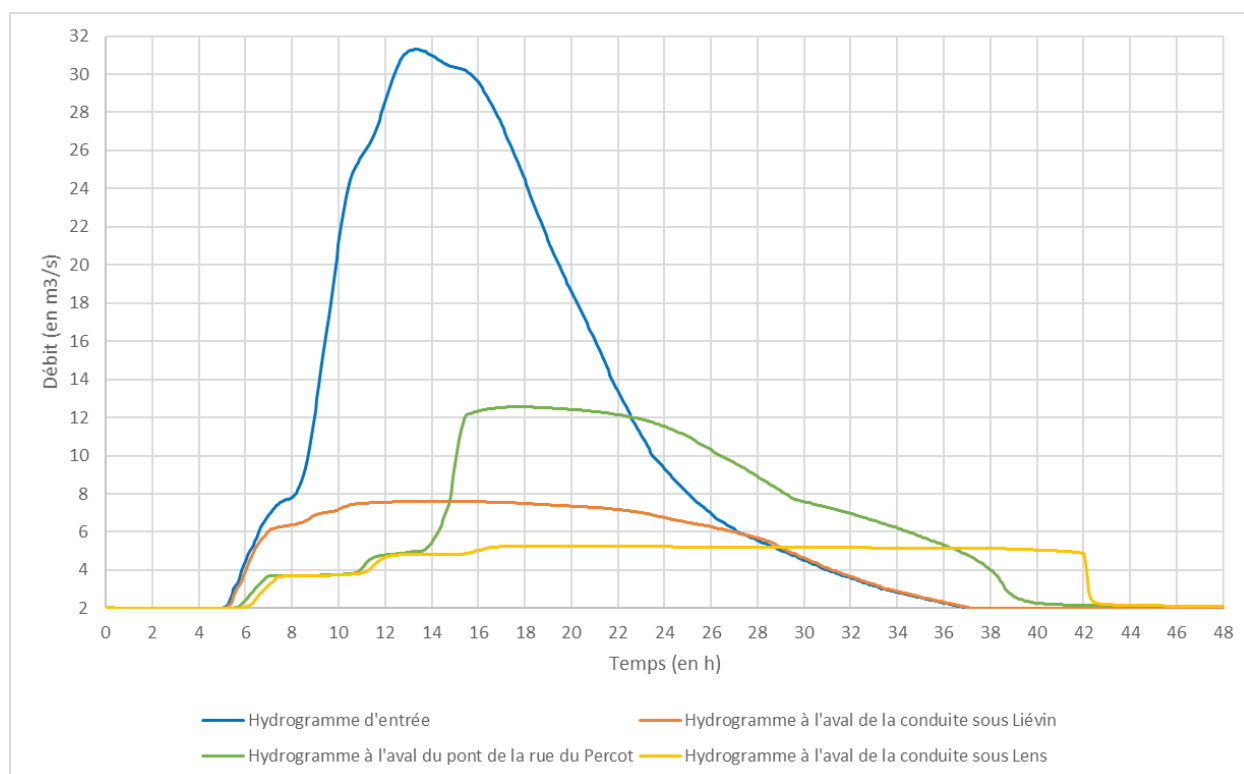
**Figure 42: Hauteurs de submersion pour l'aléa de référence sur la commune d'Avion**

Sur la partie aval du bassin versant, le canal de la Souchez (Souchez canalisée depuis Lens jusqu'à sa confluence avec le canal de la Deûle) ne déborde pas.

Les cartographies de résultats de la modélisation de l'aléa de référence « débordement » (hauteurs de submersion, vitesses d'écoulement et aléas) sont présentées au sein du livrable L5 pour l'ensemble des communes soumises aux phénomènes de débordement de cours d'eau.

L'hydrogramme amont de Liévin est écrêté en raison des débordements et de la capacité limitée de la partie enterrée de la Souchez sous Liévin (diminution du débit en sortie de la conduite sous Liévin). Une partie du débit débordé retourne à la Souchez à l'aval de la partie enterrée sous Liévin (augmentation du débit au droit de la rue du Percot). A l'aval l'hydrogramme est de nouveau écrêté en raison des débordements, de la capacité limitée de la partie enterrée de la Souchez cette fois-ci sous Lens et du fait de l'absence d'apport de débit intermédiaire sur la partie aval du bassin versant (la Souchez étant perchée ou enterrée sur la majorité de son linéaire).

La figure ci-après illustre les hydrogrammes de crue calculés par le modèle hydraulique « débordement » en différents points de la Souchez sur la partie aval du bassin versant.



**Figure 43: Hydrogrammes de crue en différents points de la partie aval du bassin versant de la Souchez pour l'aléa de référence « débordement »**

## 6. MODÉLISATION DE L'ALÉA RUISSELLEMENT

Ce chapitre s'attache à décrire la méthode mise en œuvre pour représenter les phénomènes de ruissellement sur le bassin versant de la Souchez.

Afin de cartographier de manière homogène les aléas débordement et ruissellement, l'aléa ruissellement a été caractérisé sur l'ensemble des communes du périmètre de modélisation (en réalité sur l'ensemble du bassin versant de la Souchez) à l'aide d'une modélisation bidimensionnelle (2D). Au regard des données topographiques LIDAR disponibles sur la quasi-totalité du bassin versant de la Souchez, l'approche hydrogéomorphologique a été écartée.

De même que pour l'aléa débordement, les logiciels de modélisation utilisés pour la caractérisation de l'aléa ruissellement sont les logiciels HEC-HMS 4.7 (modélisation hydrologique) et HEC-RAS 6.0 (modélisation hydraulique). Ce dernier résout les équations de Barré-de-Saint-Venant en régime transitoire dans leurs versions unidimensionnelle et bidimensionnelle.

### 6.1. SPÉCIFICITÉ DU RUISSELLEMENT ET TERRITOIRE D'ÉTUDE

Alors que l'objectif de la modélisation de l'aléa débordement de cours d'eau est de caractériser les zones inondables liées aux débordements de la Souchez et de ses affluents, l'objectif de la modélisation de l'aléa ruissellement est de mettre en évidence les axes d'écoulement préférentiels (hors réseau hydrographique principal) et les principales zones d'accumulation.

Les phénomènes de ruissellement se forment par concentration des eaux de pluie tombant sur des surfaces plus ou moins perméables. Les eaux de ruissellement évoluent ensuite en fonction de la topographie pour former des axes d'écoulement (présentant des vitesses importantes) et/ou des zones d'accumulation au droit des points bas topographiques.

Les phénomènes de ruissellement peuvent se produire en tout point d'un bassin versant et sont difficilement quantifiables, contrairement aux crues d'un cours d'eau dont le débit peut être mesuré en un point précis du bassin versant.

L'ensemble du bassin versant topographique de la Souchez a été considéré pour la modélisation et la caractérisation de l'aléa ruissellement mais ce dernier n'est cartographié que sur les communes du périmètre d'étude (cf. chapitre 4).

### 6.2. TRANSFORMATION PLUIE-RUISSELLEMENT

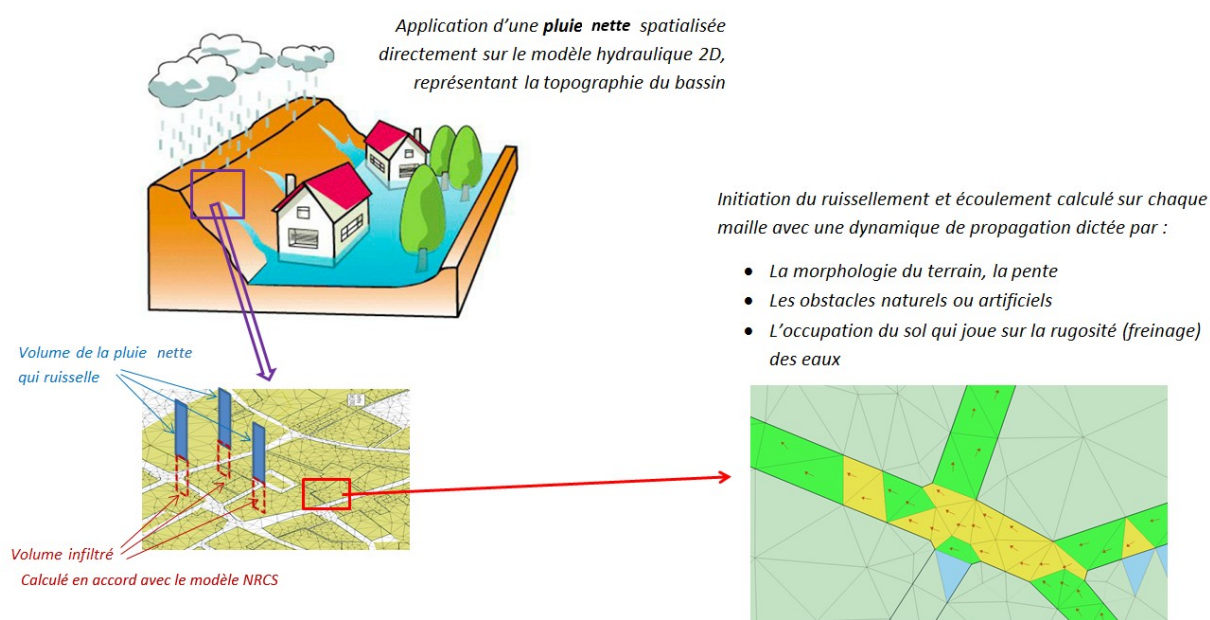
Tout comme pour la caractérisation de l'aléa débordement, la première étape dans la caractérisation de l'aléa ruissellement consiste à représenter fidèlement la transformation de la pluie tombée (pluie brute) en une pluie nette qui va réellement contribuer aux phénomènes de ruissellement. L'objectif de cette transformation est donc d'évaluer



correctement les pertes (infiltration, etc.), c'est à dire le volume d'eau qui ne participera pas au ruissellement.

L'approche retenue dans le cadre de la modélisation des phénomènes de débordement de cours d'eau pour caractériser les apports hydrologiques consiste à transformer la pluie en débit à l'échelle de chaque sous-bassin versant du territoire. L'approche proposée pour la modélisation des phénomènes de ruissellement consiste quant à elle à appliquer la pluie nette directement sur un maillage de calcul bi-dimensionnel.

La transformation pluie-ruissellement retenue consiste à transformer la pluie brute en pluie nette par le biais du modèle NRCS dont les paramètres ont été calés lors de la phase de calage du modèle hydrologique HEC-HMS (cf. chapitre 5.3). La figure ci-dessous illustre les grands principes de la méthodologie mise en œuvre (transformation pluie-ruissellement).



**Figure 44: Méthodologie de transformation pluie-ruissellement**

### 6.3. MODÉLISATION DE L'ALÉA RUISSellement

Alors que le risque lié au débordement de cours d'eau est logiquement localisé au droit du lit majeur du cours d'eau, en fond de vallée, le risque lié au ruissellement est quant à lui localisé sur l'ensemble des versants du territoire étudié. Le phénomène de ruissellement est donc bien à dissocier du phénomène de débordement de cours d'eau.

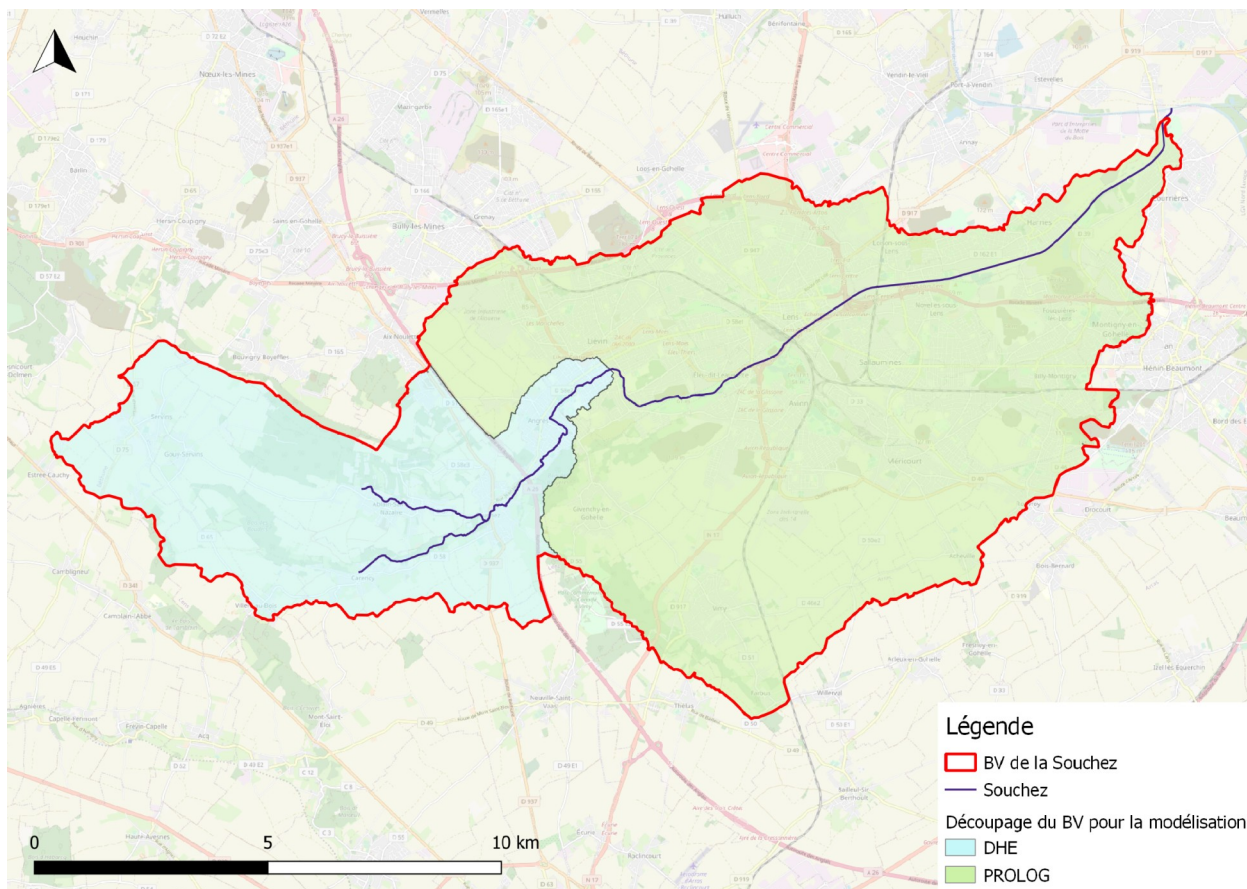
Le modèle hydraulique bi-dimensionnel (2D) construit couvre ainsi l'intégralité des versants du territoire et donc l'ensemble du bassin versant de la Souchez (y compris les communes situées en dehors du périmètre de l'étude, cf. chapitre 4). Le maillage bidimensionnel est



construit de la même manière que celui construit dans le cadre de la caractérisation de l'aléa débordement (cf. chapitre 5.2.3.1). Le bâti et les voiries sont pris en compte à l'aide d'une rugosité différenciée reposant sur la base de données d'occupation des sols OCS 2D acquise en cours d'étude (référentiel d'occupation du sol à deux dimensions utilisé dans le Nord et le Pas-de-Calais à partir des photos aériennes de 2015 encore plus précis que la base de données SIGALE). De même, le maillage est affiné et adapté au droit des obstacles aux écoulements que représentent notamment les remblais d'infrastructures routières et ferroviaires. Les ouvrages de décharge sous remblai sont également pris en compte dans le maillage bi-dimensionnel.

Les réseaux et ouvrages de gestion des eaux pluviales (bassins, etc.) en lit majeur n'ont pas été pris en compte dans le modèle. Les réseaux et ouvrages de gestion des eaux pluviales ont une influence significative sur le ruissellement jusqu'à des événements de période de retour environ 10 ans (événement fréquent), notamment en milieu urbain. Comme validé lors du COTEC du 09/09/21, l'aléa ruissellement ne sera pas caractérisé pour l'événement fréquent. En effet, sans réseau ni ouvrage de gestion des eaux pluviales, les résultats de la modélisation ne seraient pas représentatifs de la réalité des écoulements et inondations pour un événement fréquent. Ces réseaux et ouvrages de gestion des eaux pluviales deviennent ensuite négligeables pour des événements moyens et extrêmes (de période de retour respectivement 100 ans et 1 000 ans).

De même que pour le modèle hydraulique « débordement », le modèle hydraulique « ruissellement » a été découpé en deux parties, l'amont et l'aval du bassin versant de la Souchez. Le modèle « ruissellement » amont est construit, calé et exploité par DH&E et le modèle ruissellement aval l'est par Prolog Ingénierie. La figure suivante illustre l'emprise du modèle hydraulique ruissellement et son découpage amont/aval.



**Figure 45: Emprise de la modélisation hydraulique ruissellement**

#### 6.4. CALAGE DES MODÈLES HYDROLOGIQUES

Les principes et la méthodologie de calage des modèles hydrologiques sont identiques à ceux qui ont été présentés au chapitre 5.3 du présent rapport.

Le modèle hydrologique amont est réputé calé sur l'événement de juin 2016 (il l'a été dans le cadre de la modélisation de l'aléa débordement). Les résultats de la modélisation hydrologique (pluies brutes, pluies nettes) sont repris dans le cadre de la modélisation de l'aléa ruissellement sur la partie amont du bassin versant de la Souchez (dans la mesure où l'événement hydrologique de calage est également l'événement de juin 2016). Les valeurs retenues pour les différents paramètres du modèle hydrologique amont sont identiques à ceux qui ont été présentés au chapitre 5.3 du présent rapport.

Le modèle hydrologique aval a quant à lui été calé de manière itérative et conjointe avec modèle hydraulique « ruissellement » aval. Les valeurs des « Curve Number » ont notamment été ajustées dans le modèle hydrologique aval dans le cadre du calage du modèle hydraulique « ruissellement » aval (cf. chapitre ci-après).

## 6.5. CALAGE DU MODÈLE HYDRAULIQUE « RUISSELLEMENT »

### 6.5.1. Principes du calage

Une fois le modèle hydraulique « ruissellement » construit, il convient de le caler et de le valider de même que pour le modèle hydraulique « débordement », c'est-à-dire vérifier sa capacité à reproduire correctement les écoulements sur le bassin versant de la Souchez. La validation du modèle hydraulique « ruissellement » repose sur une vérification de la cohérence globale de son fonctionnement et notamment sa faculté à reproduire sur la base des témoignages recueillis les principales zones inondées (axes d'écoulement et zones d'accumulation) lors des événements historiques retenus. Il s'agit donc principalement d'une validation qualitative et comportementale qui ne peut que très rarement être quantitative dans le cas du ruissellement.

La méthodologie globale de calage et validation du modèle hydraulique ruissellement repose sur deux étapes successives :

- une analyse de la corrélation géographique entre les témoignages d'inondation et les résultats du modèle. Concrètement, il s'agit de vérifier que les zones inondées d'après les témoignages recueillis sont bien également touchées par les eaux dans les résultats de simulation ;
- une vérification de la cohérence entre le niveau d'eau moyen calculé par le modèle et les repères de crue (niveau d'eau historique) réputés fiables et utilisables.

De même que pour la caractérisation de l'aléa débordement, au regard des repères de crue collectés et des données pluviométriques disponibles, l'évènement du 7 juin 2016 est également retenu comme évènement de calage.

### 6.5.2. Méthodologie et valeurs retenues

La pluie nette calculée à partir du modèle hydrologique HEC-HMS (transformation de la pluie brute en pluie nette) a été appliquée au centroïde de chaque sous-bassin versant dans le modèle hydraulique HEC-RAS. Il s'agit de la pluie nette moyenne sur chaque sous-bassin versant du territoire d'étude, elle est calculée à partir de la pluie brute moyennée à l'aide du RADAR sur chaque sous-bassin versant. Une interpolation de la pluie nette entre ces postes pluviométriques fictifs (centroïdes des sous-bassin versant) est ensuite réalisée sur l'ensemble du bassin versant de la Souchez à l'aide de la méthode des polygones de Thiessen.

Pour le calage du modèle hydraulique ruissellement, une comparaison quantitative est faite entre les niveaux d'eau calculés par le modèle et ceux reconstitués lors de l'analyse historique (repères de crue). Il est important de noter que les incertitudes sur certains niveaux de crues historiques estimés (observations de terrain, photographies, témoignages, etc.) peuvent être très importantes et bien supérieures à la précision du calcul numérique. La pertinence des points de calage hydraulique est appréciée en fonction de l'écart des résultats du modèle par rapport aux données historiques selon les quatre classes ci-après.

Validité du calage	
	Très bonne < 15 cm
15 cm <	Bonne < 25 cm
25 cm <	Moyenne < 50 cm
	Mauvaise > 50 cm

**Figure 46: Classes d'écart entre niveaux mesurés et calculés dans le cadre du calage du modèle hydraulique**

Une appréciation qualitative des axes de ruissellement a également été réalisée au regard des témoignages disponibles.

Pour l'évènement de juin 2016, 16 repères de crues ont été exploités pour le calage du modèle « ruissellement » amont et 33 repères de crues l'ont été dans le cadre du calage du modèle « ruissellement » aval.

Le calage des modèles hydrauliques ruissellement sur la partie amont et aval du bassin versant de la Souchez repose sur l'ajustement des coefficients de rugosité (Strickler), fonction de l'occupation des sols, sur l'ensemble du bassin versant (découpage de la rugosité du lit majeur selon la base de données OCS 2D).

Surfaces bâties	2
Surfaces non bâties	40 - 50
Culture	30
Prairie	18 - 20
Forêt	8 - 12
Plan d'eau	80

### 6.5.3. Résultats du calage sur l'évènement de juin 2016

#### **Calage du modèle hydraulique amont**

16 repères de crue ont ainsi été exploités dans le cadre du calage du modèle hydraulique ruissellement sur la partie amont du bassin versant de la Souchez. Les écarts entre les niveaux calculés par le modèle hydraulique et les repères de crue sont répartis dans les classes de validité suivantes.

- Très bonne [11]
- Bonne [4]
- Moyenne [N/A]
- Mauvaise [1]

69% des repères en catégorie « Très bonne » = écart entre repère de crue et niveau calculé par le modèle hydraulique inférieur à 15 cm.

Le tableau suivant illustre les résultats du calage sur la partie amont du bassin versant de la Souchez (écarts entre les niveaux calculés par le modèle hydraulique et les repères de crue).

N° repère de crue	Commune	Indication PHE	Z calculé (m NGF)	Z mesuré (m NGF)	Écart (cm)
3	Gouy-Servins	Oui	151,26	151,43	-17cm
6	Gouy-Servins	Oui	147,74	147,76	-2cm
7	Gouy-Servins	Oui	146,1	146,19	-9cm
12	Ablain-Saint-Nazaire	Oui	94,3	94,41	-11cm
13	Ablain-Saint-Nazaire	Oui	94,3	94,45	-15cm
14	Ablain-Saint-Nazaire	Oui	94,29	94,5	-21cm
15	Ablain-Saint-Nazaire	Oui	94,29	94,52	-23cm
20	Villers-au-Bois	Non	141,82	141,86	-4cm
21	Villers-au-Bois	Non	138,08	137,98	+10cm
22	Villers-au-Bois	Non	134,11	134,3	-19cm
24	Carency	Oui	92,8	92,68	+12cm
26	Carency	Oui	92,81	92,79	+2cm
32	Souchez	Non	76,66	76,72	-6cm
43	Angres	Non	68,53	68,68	-15cm

**Tableau 40: Comparaison entre les niveaux calculés par le modèle et les repères de crue**

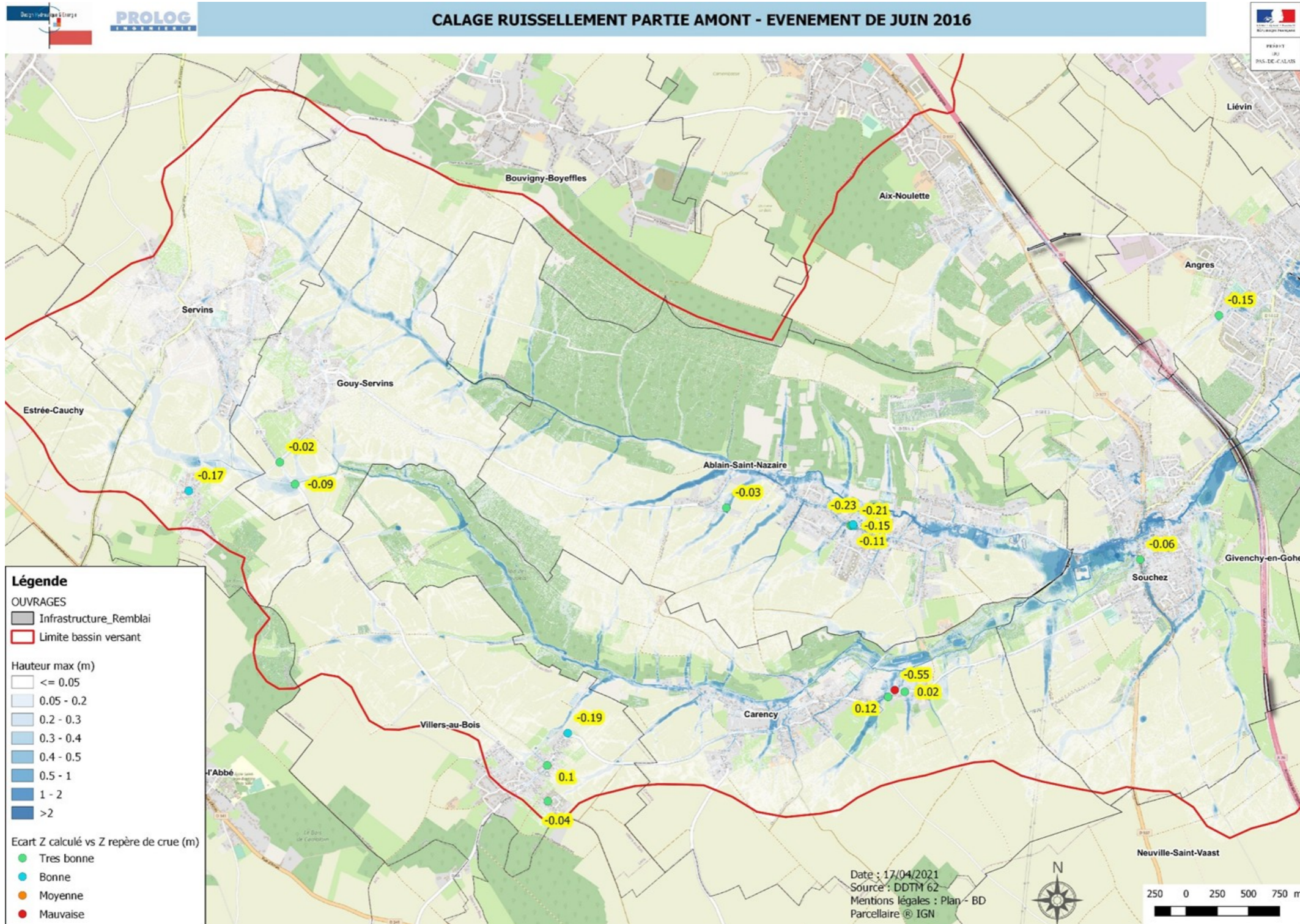


Figure 41: Comparaison des niveaux relevés sur le terrain avec ceux calculés (ruissellement / juin 2016)





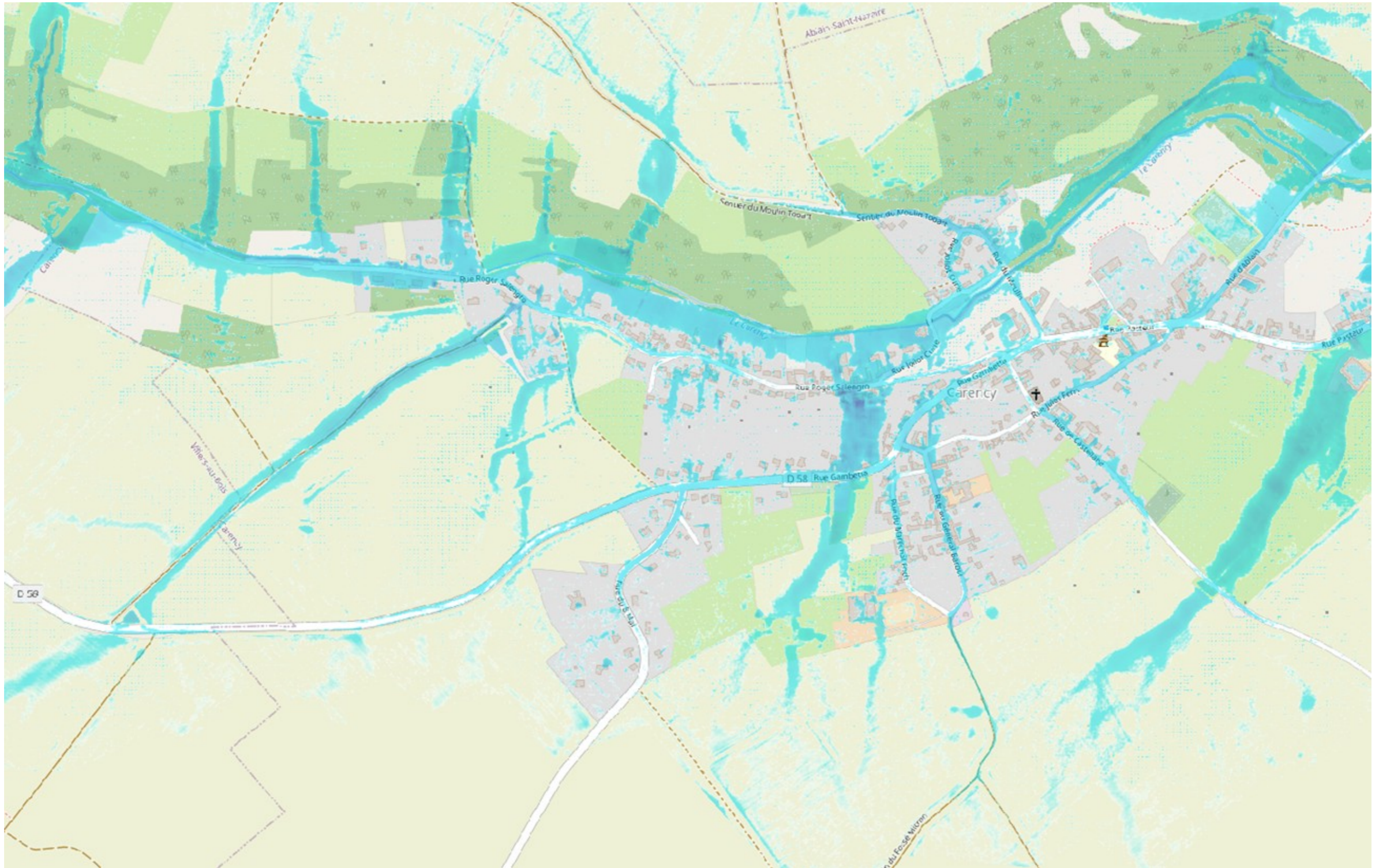


Figure 43: Reconstitution du ruissellement à Carencoy pour juin 2016

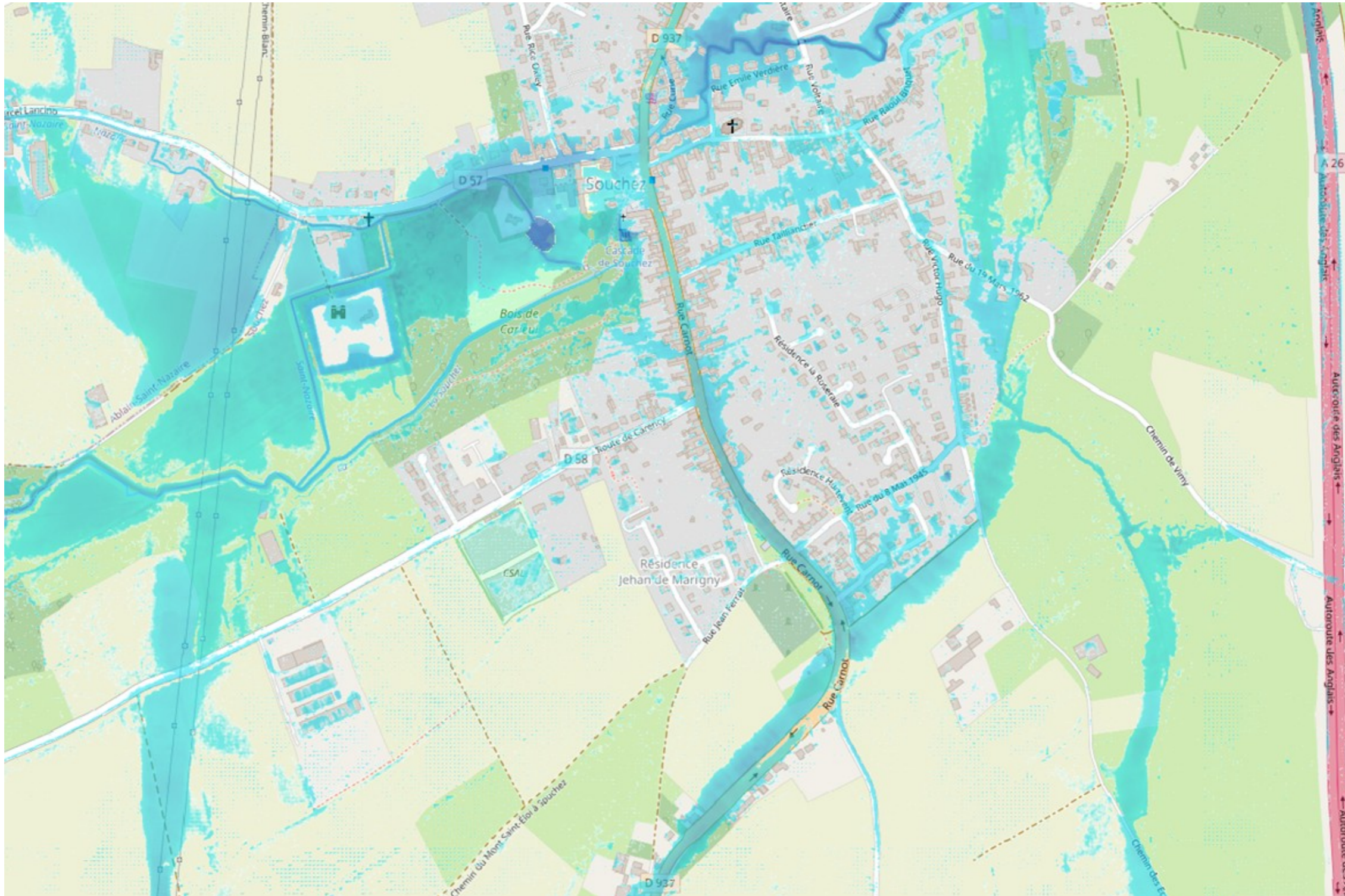


Figure 44: Reconstitution du ruissellement rue Carnot à Souchez pour juin 2016

**PROLOG INGÉNIERIE**

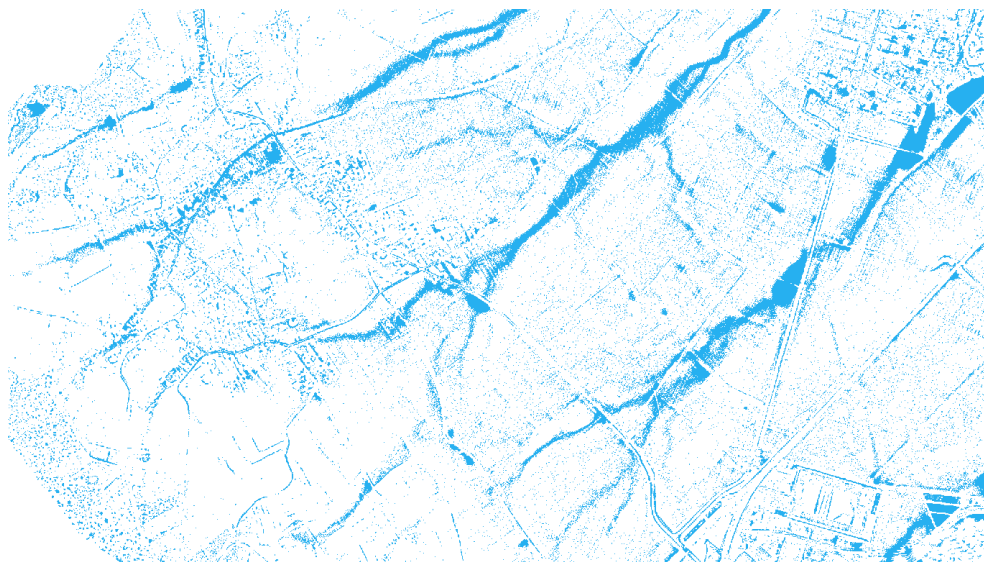
Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez – Phase 3  
 - Livrable L4 : Détermination de l'aléa de référence -

R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

07/2022

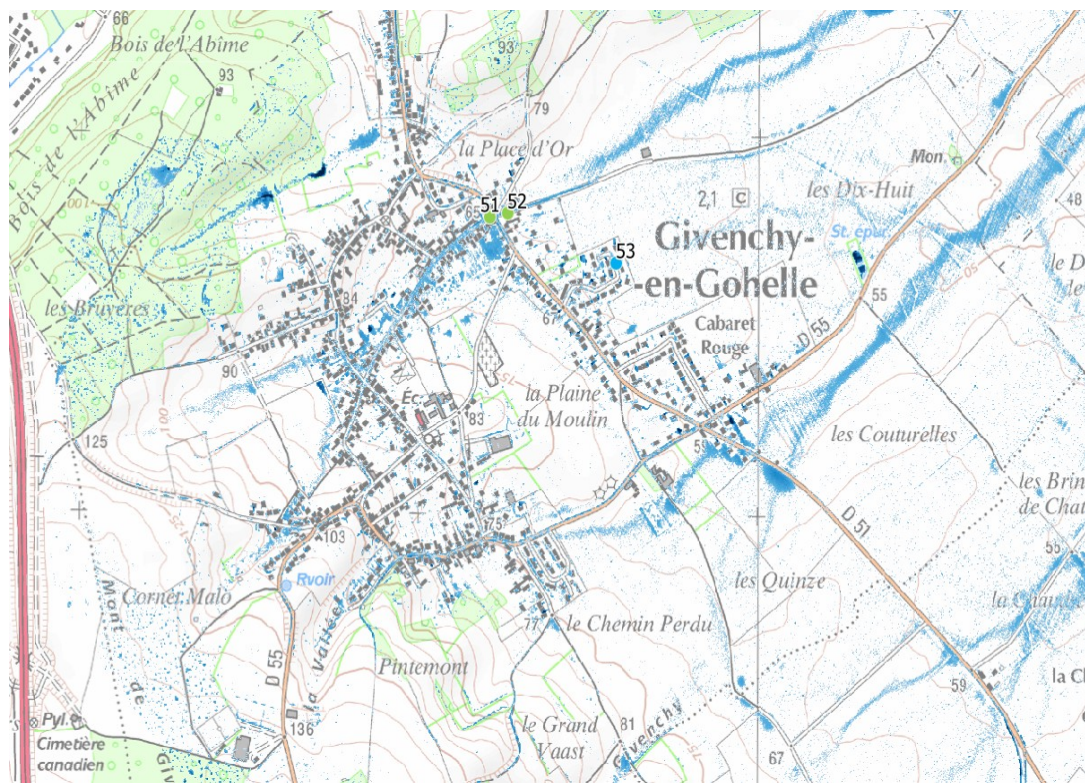
### **Calage du modèle hydraulique aval**

Le modèle hydraulique « ruissellement » aval a ainsi été calé sur l'évènement historique de juin 2016. Cet orage particulièrement intense a engendré des phénomènes de ruissellement sur une partie du bassin versant de la Souchez. La modélisation de l'évènement du 7 juin 2016 dans le cadre du calage du modèle hydraulique permet de mettre en évidence les principaux axes d'écoulement sur le bassin versant de la Souchez.



**Figure 47: Axes d'écoulement (résultats bruts) issus du modèle ruissellement aval pour l'évènement de juin 2016**

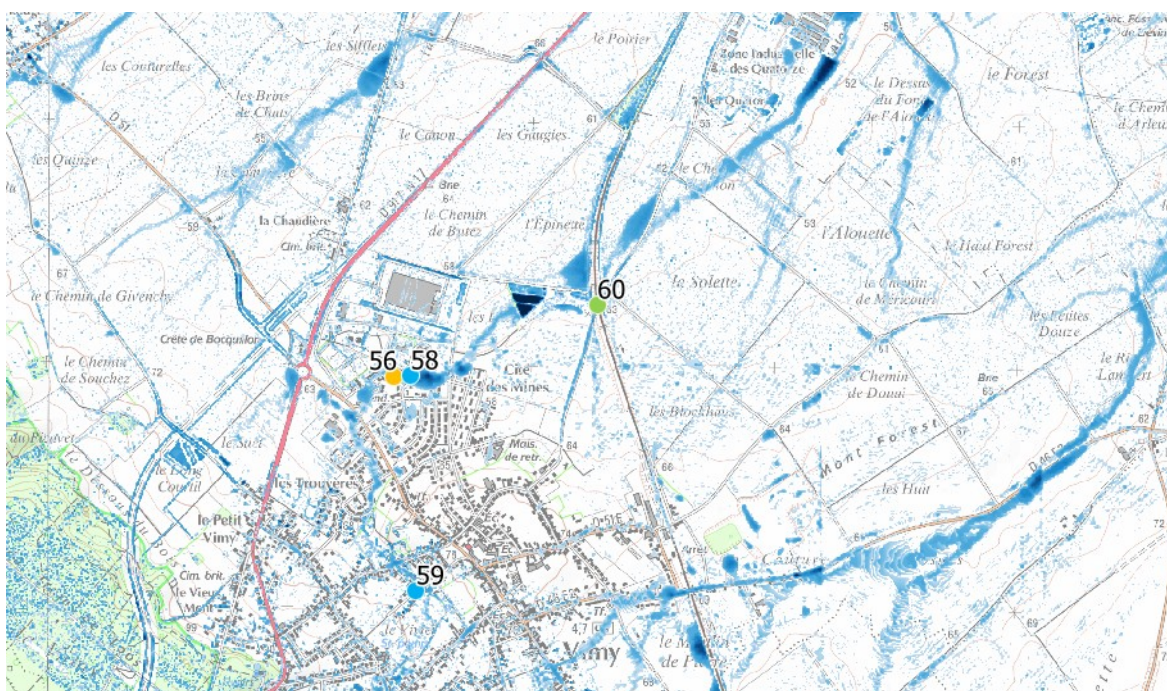
Sur la commune de Givenchy-en-Gohelle, deux axes d'écoulement sont particulièrement marqués. Le ruissellement s'effectue dans le direction Sud-Ouest/Nord-Est, il emprunte notamment les rues Isaïe Pruvost et Jean Jaurès d'une part, ainsi que les rues Charles Ferrand et la rue des Alouettes d'autre part. Trois repères de crue ont été identifiés et exploités sur cette commune. Les niveaux d'eau calculés présentent des écarts par rapport aux repères de crue de l'ordre de 10 à 20 cm. La figure ci-après illustre ces résultats (axes de ruissellement, zones d'accumulation, écarts aux repères de crue, etc.).



**Figure 48: Axes d'écoulement, zones d'accumulation (résultats bruts) et écarts aux repères de crue sur la commune de Givenchy-en-Gohelle pour l'évènement de juin 2016**

Sur la commune de Vimy, trois axes d'écoulement principaux orientés Sud-Ouest/Nord-Est sont mis en évidence. Dans le centre de la commune, les rues Lamartine, Faidherbe et Jules Ferry sont touchés par les phénomènes de ruissellement.

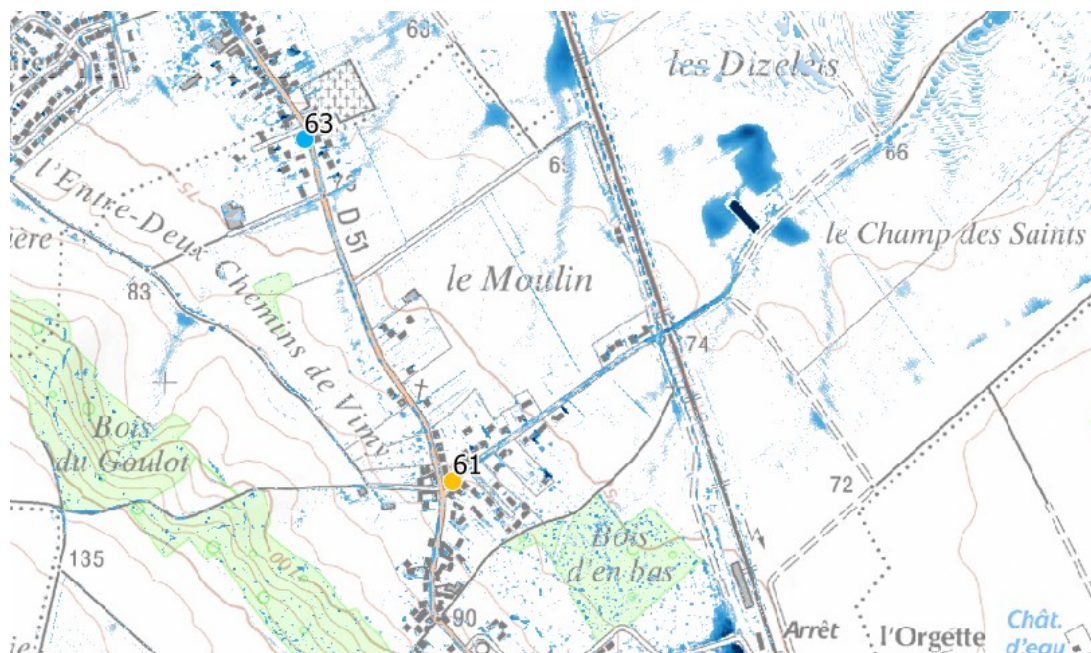
Quatre repères de crue ont été identifiés et exploités sur cette commune. Les niveaux d'eau calculés présentent des écarts par rapport aux repères de crue inférieurs à 20 cm pour 3 d'entre eux (calage jugé bon). L'écart au droit du 4<sup>e</sup> repère de crue est quand à lui de l'ordre de 40 cm (calage jugé moyen). La figure ci-après illustre ces résultats (axes de ruissellement, zones d'accumulation, écarts aux repères de crue, etc.).



**Figure 49 : Axes d'écoulement, zones d'accumulation (résultats bruts) et écarts aux repères de crue sur la commune de Vimy pour l'évènement de juin 2016**

La commune de Farbus est également touchée par les phénomènes de ruissellement, notamment sur la D51 et le long de la rue Guynemer.

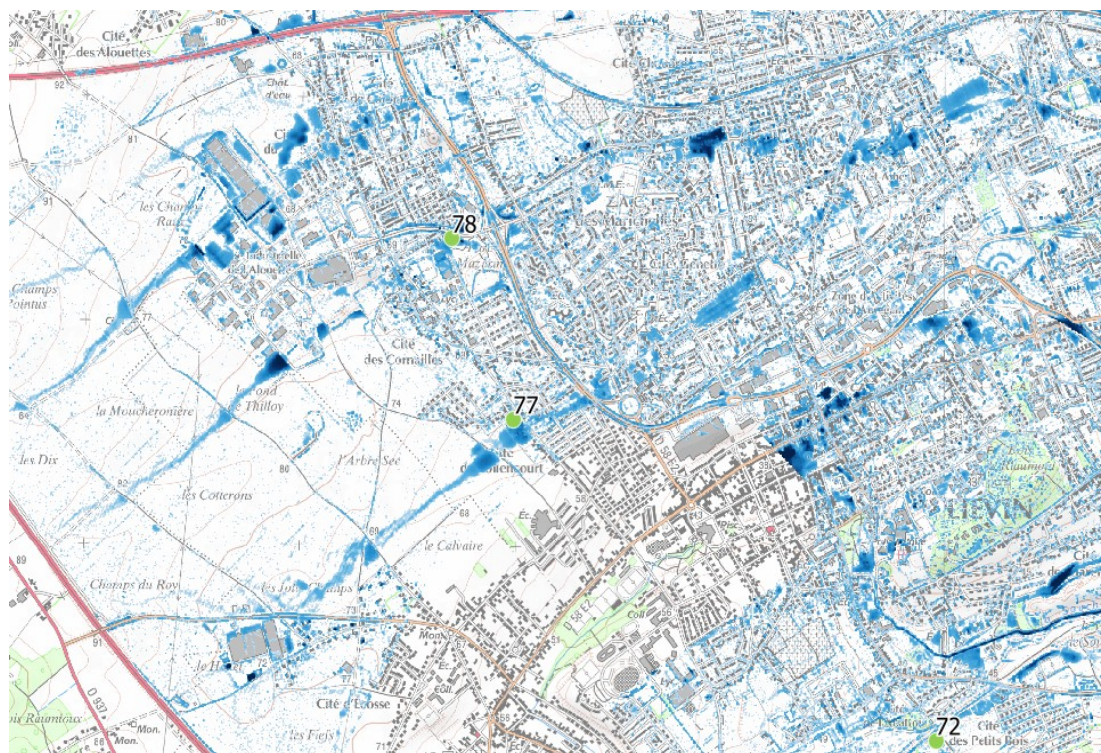
Deux repères de crue ont été identifiés et exploités dans le cadre du calage sur cette commune. Les niveaux d'eau calculés par le modèle au droit des repères de crue présentent des écarts inférieurs à 26 cm par rapport aux niveaux reconstitués (calage jugé bon et moyen). La figure ci-après illustre ces résultats (axes de ruissellement, zones d'accumulation, écarts aux repères de crue, etc.).



**Figure 50 : Axes d'écoulement, zones d'accumulation (résultats bruts) et écarts aux repères de crue sur la commune de Farbus pour l'évènement de juin 2016**

La commune de Liévin (plus urbanisée que les précédentes) compte également de nombreux d'axes d'écoulement. A l'est une partie des écoulements est issue du ruissellement en provenance des communes d'Aix-Noulette et Angres qui empruntent notamment la D58 au droit du rond-point Charles de Gaulle avant de se diriger vers le centre-ville. Au sud de la commune, les rues de Cracovie et Uriane Sorriaux constituent deux des principaux axes d'écoulement.

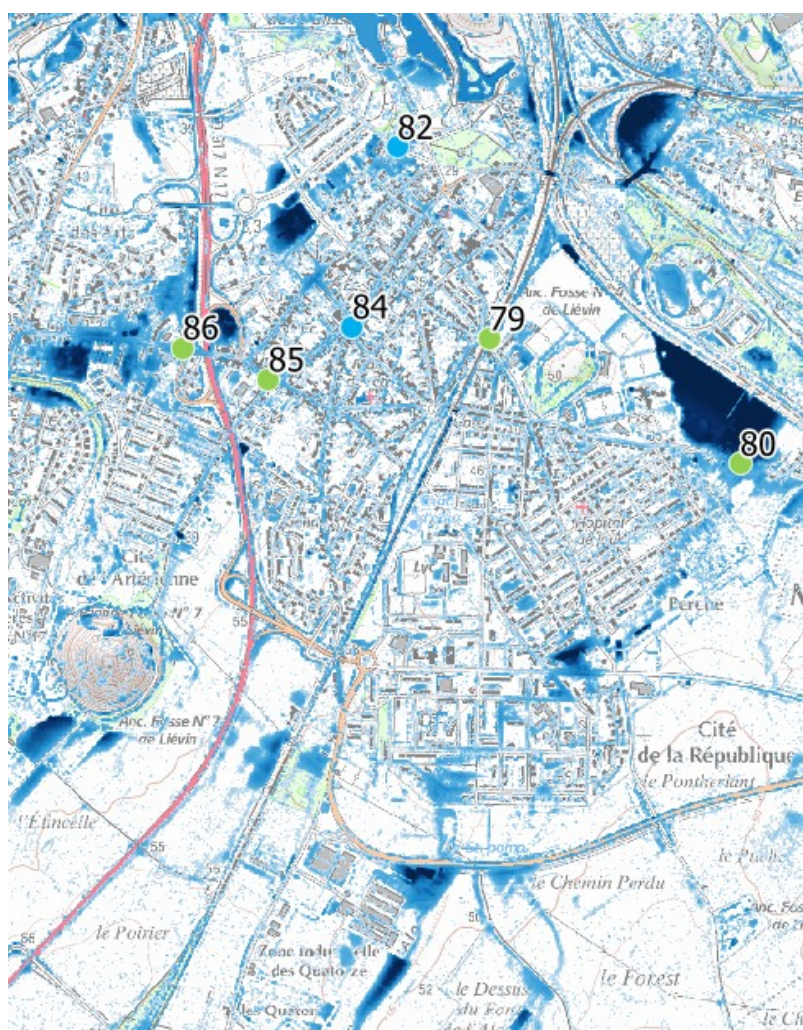
Trois repères de crue ont été identifiés et exploités sur cette commune. Le calage est ici jugé très bon puisque les niveaux d'eau calculés présentent des écarts inférieurs à 10 cm par rapport aux niveaux d'eau reconstitués (repères de crue). La figure ci-après illustre ces résultats (axes de ruissellement, zones d'accumulation, écarts aux repères de crue, etc.).



**Figure 51: Axes d'écoulement, zones d'accumulation (résultats bruts) et écarts aux repères de crue sur la commune de Liévin pour l'évènement de juin 2016**

Le ruissellement s'effectue également essentiellement en milieu urbain sur la commune d'Avion. Les écoulements sont principalement issus des communes de Givenchy-en-Gohelle et Vimy situé en amont. De nombreuses rues, telles que la rue Jean Jacques Rousseau et la rue de la Bastille, sont touchées par les phénomènes de ruissellement et constituent des axes d'écoulement préférentiels.

Les niveaux d'eau calculés au droit des six repères de crues identifiés et exploités présentent des écarts inférieurs à 15 cm par rapport aux niveaux d'eau reconstitués pour quatre d'entre eux et de l'ordre de 20 cm pour les deux autres, le calage est ici jugé très bon. La figure ci-après illustre ces résultats (axes de ruissellement, zones d'accumulation, écarts aux repères de crue, etc.).



**Figure 52 : Axes d'écoulement, zones d'accumulation (résultats bruts) et écarts aux repères de crue sur la commune d'Avion pour l'évènement de juin 2016**



Sur les communes de Méricourt et d'Acheville, deux axes d'écoulement globalement orientés Sud/Nord sont plus particulièrement marqués. Dans le centre d'Acheville, ce sont les rues Jean Lennes, Roger Maréchal et la rue du Général de Gaulle qui sont les plus touchées par les phénomènes de ruissellement. A Méricourt, de nombreux axes urbains véhiculent également le ruissellement, notamment la rue Voltaire et la rue du 1<sup>er</sup> Mai.

Quatre repères de crue ont été identifiés et exploités sur la commune de Méricourt et un sur la commune d'Acheville. Les niveaux d'eaux calculés présentent des écarts inférieurs à 20 cm par rapport aux repères de crue, le calage est ici jugé bon à très bon. La figure ci-après illustre ces résultats (axes de ruissellement, zones d'accumulation, écarts aux repères de crue, etc.).



**Figure 53 : Axes d'écoulement, zones d'accumulation (résultats bruts) et écarts aux repères de crue sur les communes d'Acheville et de Méricourt pour l'évènement de juin 2016**

Sur la commune de Lens, les écoulements se font essentiellement en zone urbaine. De nombreuses rues sont touchées par les phénomènes de ruissellement, notamment la route de Béthune, la route de la Bassée et la rue de Londres.

Des zones d'accumulation se forment au droit de certains points bas topographique le long de la voie ferrée, c'est le cas par exemple le long de la rue des Tulipes ou bien un peu plus au Sud au droit de l'intersection de l'avenue Alfred Maes avec le rue du Moulin, la rue Paul Bert et la route d'Arras ou encore plus à l'Est entre l'avenue Raoul Briquet, la rue Francis de Pressensé et la rue Marcel Sembat.

Quatre repères de crue ont été identifiés et exploités sur la commune de Lens. Les niveaux d'eaux calculés présentent des écarts inférieurs à 16 cm par rapport aux repères de crue sur trois d'entre eux, le calage est ici jugé bon à très bon. Le niveau calculé au droit du repère de crue 108 présente quant à lui un écart au repère de crue de 50 cm (calage jugé « moyen » par rapport à ce point de comparaison). La figure ci-après illustre ces résultats (axes de ruissellement, zones d'accumulation, écarts aux repères de crue, etc.).



**Figure 54: Axes d'écoulement, zones d'accumulation (résultats bruts) et écarts aux repères de crue sur la commune de Lens pour l'évènement de juin 2016**

Sur la commune d'Eleu-dit-Leauwette, la rocade Sud de Lens, la rue Charles Ferrand et la rue Gabriel Péri constituent les principaux axes d'écoulement.

Deux repères de crue ont été identifiés et exploités sur la commune d'Eleu-dit-Leauwette. Les niveaux d'eaux calculés par le modèle au droit de ces repères de crue sont plus importants (de l'ordre de 30 cm à plus de 50 cm) que les niveaux d'eau reconstitués pour l'évènement de juin 2016. Cela s'explique par le fait que les réseaux d'assainissement pluvial permettant d'évacuer les eaux (notamment au droit des points bas topographiques) ne sont pas représentés dans le modèle hydraulique. Le modèle surestime ainsi par endroit légèrement les niveaux au droit de certains points bas topographiques (dépressions, franchissements sous remblais, etc.) comme c'est le cas au droit du repère de crue n°113.

La figure ci-après illustre ces résultats (axes de ruissellement, zones d'accumulation, écarts aux repères de crue, etc.).

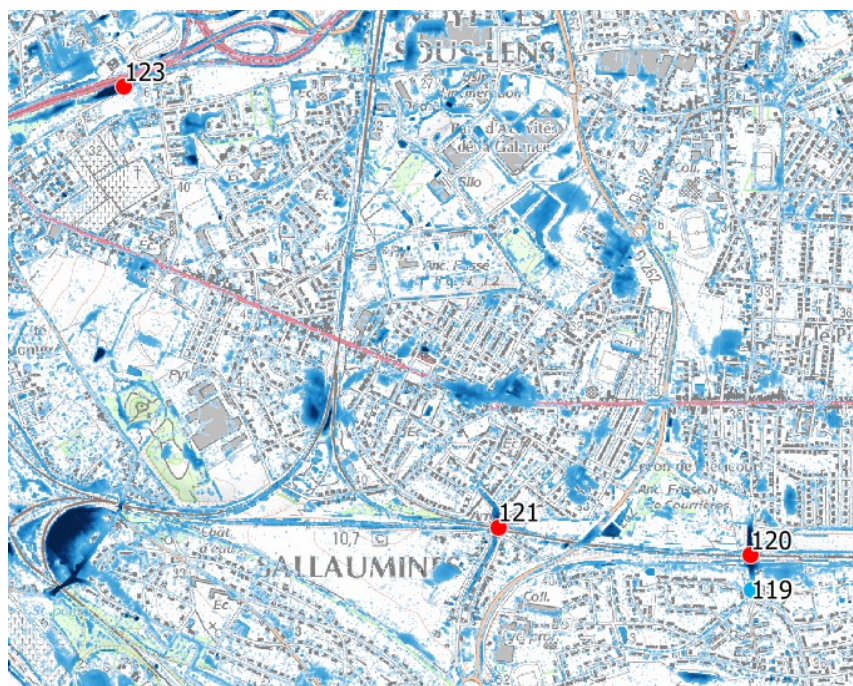


**Figure 55 : Axes d'écoulement, zones d'accumulation (résultats bruts) et écarts aux repères de crue sur la commune d'Eleu-dit-Leauwette pour l'évènement de juin 2016**

Sur la commune de Sallaumines observe quelques axes de ruissellement, notamment sur la rue Séraphin Cordier, la rue de Tourcoing et la rue d'Haubourdin, et des zones d'accumulation, notamment le long de la voie ferrée au droit de la rue Raoul Briquet et au droit du rond-pond à l'intersection des rues Arthur Lamendin, Jules Guesde, Edouard Vaillant, Séraphin Cordier et du 11 Novembre. Le niveau d'eaux calculé au droit du repère de crue n°119 présente un écart inférieur à 25 cm par rapport à ce dernier.

Toutefois des écarts relativement importants (supérieurs à 50 cm) sont également observés entre les niveaux calculés par le modèle hydraulique les trois autres repères de crue identifiés et exploités sur la commune. Comme évoqué précédemment le modèle surestime ainsi par endroit les niveaux au droit de certains points bas topographiques (dépressions, franchissements sous remblais, etc.) du fait de l'absence de représentation des réseaux d'assainissement pluvial. C'est notamment le cas au droit de la rue Paul Cayet (dépression) ou de certains franchissements sous remblais (rue Louise Michel et rue Florent Evrard).

La figure ci-après illustre ces résultats (axes de ruissellement, zones d'accumulation, écarts aux repères de crue, etc.).



**Figure 56 : Axes d'écoulement, zones d'accumulation (résultats bruts) et écarts aux repères de crue sur la commune d'Eleu-dit-Leauwette pour l'évènement de juin 2016**

**Le calage du modèle du modèle hydraulique « ruissellement » à l'échelle de l'ensemble du bassin versant de la Souchez (amont + aval) est jugé satisfaisant. En effet les écarts entre les niveaux d'eau calculés et les repères de crue pour l'évènement du 7 juin 2016 sont inférieurs à 15 cm pour 53 % d'entre eux et inférieurs à 25 cm pour 82 % d'entre eux. Le fonctionnement hydraulique est bien**

représenté. Globalement ou localement, les résultats de simulation montrent effectivement que le modèle reproduit les inondations identifiées et liées au phénomène de ruissellement. On observe toutefois très localement des écarts plus importants (par endroits supérieurs à 50 cm), essentiellement au droit des points bas topographiques (dépressions, franchissements sous remblais, etc.) lié à l'absence de représentation du réseau d'assainissement dans le modèle hydraulique (évacuation des eaux impossible engendrant au droit de certains points bas une surestimation locale des niveaux d'eau).

Calage	Modèle amont	Modèle aval	Total	
Très bon	11	15	26	53%
Bon	4	10	14	29%
Moyen	0	4	4	8%
Mauvais	1	4	5	10%

**Tableau 45 : Résultat du calage du modèle ruissellement au regard des repères de crue exploités sur le bassin versant de la Souchez pour la crue de juin 2016**

## 6.6. MODÉLISATION DE L'ALÉA DE RÉFÉRENCE « RUISSÈLEMENT »

### 6.6.1. Définition de l'événement de référence pour le risque inondation par ruissellement

De la même manière que pour la problématique de débordement de cours d'eau, l'événement de référence pour les phénomènes de ruissellement est un événement d'occurrence a minima centennale. La méthode pluie-ruissellement ne vise pas à calculer un débit de crue centennal (terme adapté pour les cours d'eau) mais à caractériser les phénomènes de ruissellement qui se mettent en place quand le bassin versant est soumis à une pluie au moins centennale.

Pour mémoire l'analyse hydrologique a mis en évidence que la période de retour de la pluie du 7 juin 2016 est localement largement supérieure à 100 ans sur 1h au regard des statistiques disponibles à la station Météo France de Lillers, notamment à l'amont du bassin versant (sur les communes de Souchez et Ablain-Saint-Nazaire et à l'aval sur les communes de Méricourt et Sallaumines).

Par ailleurs l'analyse historique a également montré que 2 types de pluies engendraient des inondations importantes à la fois par débordement et ruissellement sur le bassin versant de la Souchez : pluies de printemps et pluies orageuses d'été (cf. pluies d'août 2015, de mai 2016 et de juin 2016). Il s'agit d'événements courts à très courts (de durée généralement comprise entre 1h et 1j) et parfois relativement localisés. Pour un cumul de précipitation donné, les phénomènes de ruissellement sont généralement plus importants pour des épisodes pluvieux court et intense tandis que les phénomènes de débordement de cours d'eau sont plus importants pour des épisodes pluvieux un peu plus long, dont la durée est généralement proche du temps de concentration du bassin versant étudié.

Il a donc été décidé de retenir la pluie du 7 juin 2016 (pluie orageuse) « centennialisée » (mise à l'échelle centennale) sur 1h comme événement de référence pour la caractérisation

#### PROLOG INGÉNIERIE

Détermination des aléas inondations sur le territoire de la Souchez – Phase 3  
- Livrable L4 : Détermination de l'aléa de référence -

R19-391-04\_L4\_v0.1.odt

07/2022

de l'aléa ruissellement. Elle est mise à l'échelle centennale à l'aide des statistiques Météo France à la station de Lillers, soit un cumul de 42.9 mm sur 1h. La pluie du 7 juin 2016 n'est mise à l'échelle centennale que sur les secteurs où sa période de retour est inférieure à 100 ans, elle est conservée telle quelle sur les secteurs où sa période de retour est supérieure à 100 ans. Ce point a été validé lors du COTEC du 11/05/21.

Plus précisément, ce sont les pluies brutes moyennées à l'aide du RADAR et appliquées au centroïde de chaque sous-bassin versant qui sont mises ou non à l'échelle centennale dans le modèle hydrologique. Si les cumuls bruts moyens calculés à l'aide du RADAR de Météo France sont de période de retour inférieure à 100 ans, ces derniers sont centennalisés et les cumuls sur 1h sont ramenés à la valeur de 42.9 mm. Si ces cumuls bruts moyens sont déjà de période de retour supérieure à 100 ans (cumuls déjà supérieurs à 42.9 mm), ces derniers sont conservés tels quels dans le modèle hydrologique.

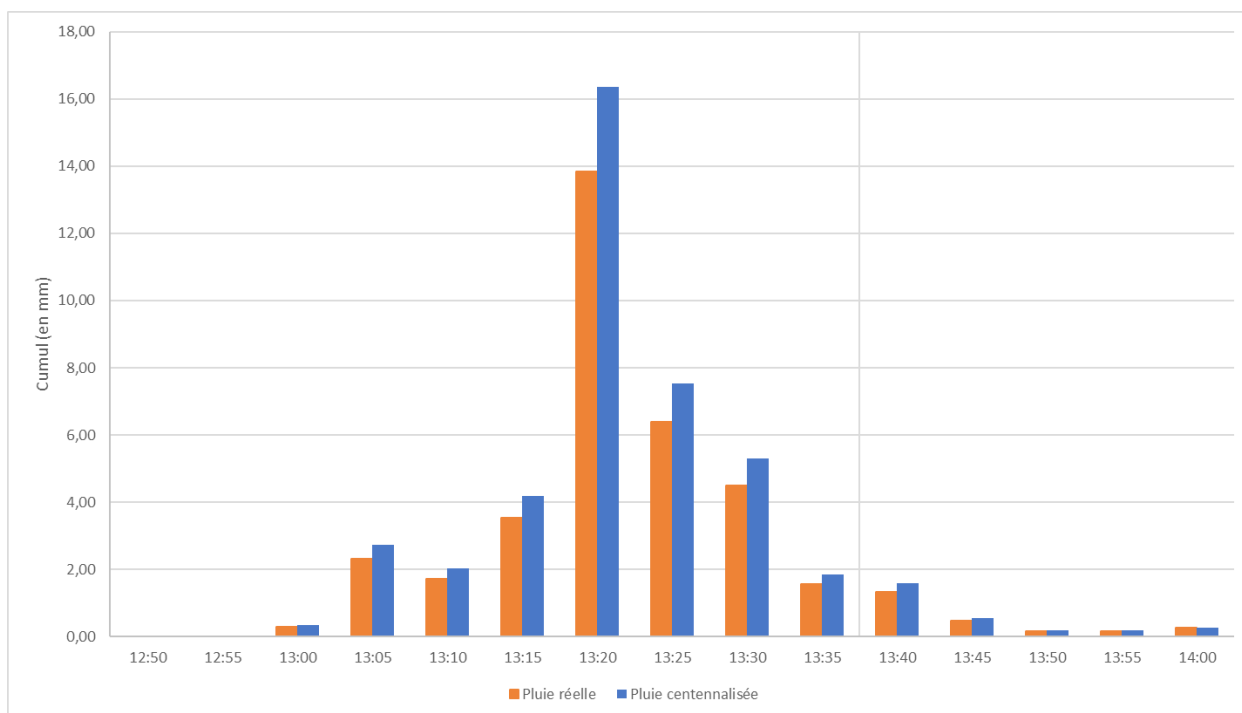
Les caractéristiques de cet événement de référence sont les suivantes :

- La pluie est appliquée à l'ensemble du bassin versant de la Souchez selon l'hypothèse qu'un tel orage pourrait s'abattre sur une zone aléatoire de ce dernier (principe de précaution) et pour faire ressortir les axes de ruissellement préférentiels sur l'ensemble du territoire d'étude. En effet, retenir une pluie réelle comme événement de référence (en matière de cumul et de répartition spatiale) ne permettrait pas de faire ressortir les axes de ruissellement (en matière de hauteurs et surtout de vitesses) sur l'intégralité du territoire d'étude. Une pluie homogène centennalisée est appliquée sur les secteurs où la pluie de juin 2016 est moins que centennale et la pluie de juin 2016 est appliquée sur les secteurs où elle est plus que centennale.
- Durée totale de l'événement : 1h,
- Utilisation des statistiques à la station de Lillers : 42.9 mm sur 1h,
- Conditions antérieures de pluviométrie : humides (de même que pour le calage du modèle hydraulique « ruissellement » sur la crue de juin 2016),

Le hyétogramme de la pluie permettant de caractériser l'aléa de référence ruissellement a été construit par homothétie d'un hyétogramme caractéristique mesurée sur le bassin versant de la Souchez lors de la pluie du 7 juin 2016. Le hyétogramme mesuré a ainsi été mis à l'échelle centennale (« centennalisé », uniquement sur les secteurs où la période de retour de la pluie du 7 juin 2016 est moins que centennale) en y appliquant un coefficient multiplicateur (homothétie) de manière à obtenir un cumul total de 42.9 mm sur 1h.

La moitié des hyétogrammes appliqués au droit des postes pluviométriques fictifs a fait l'objet d'une mise à l'échelle centennale sur la partie amont du bassin versant (la moitié des hyétogrammes présentant en effet des cumuls inférieurs à 42.9 mm sur 1h). La totalité des hyétogrammes appliqués au droit des postes pluviométriques fictifs a été centennalisée sur la partie aval du bassin versant (application d'une pluie homogène centennalisée sur l'ensemble du bassin versant aval).

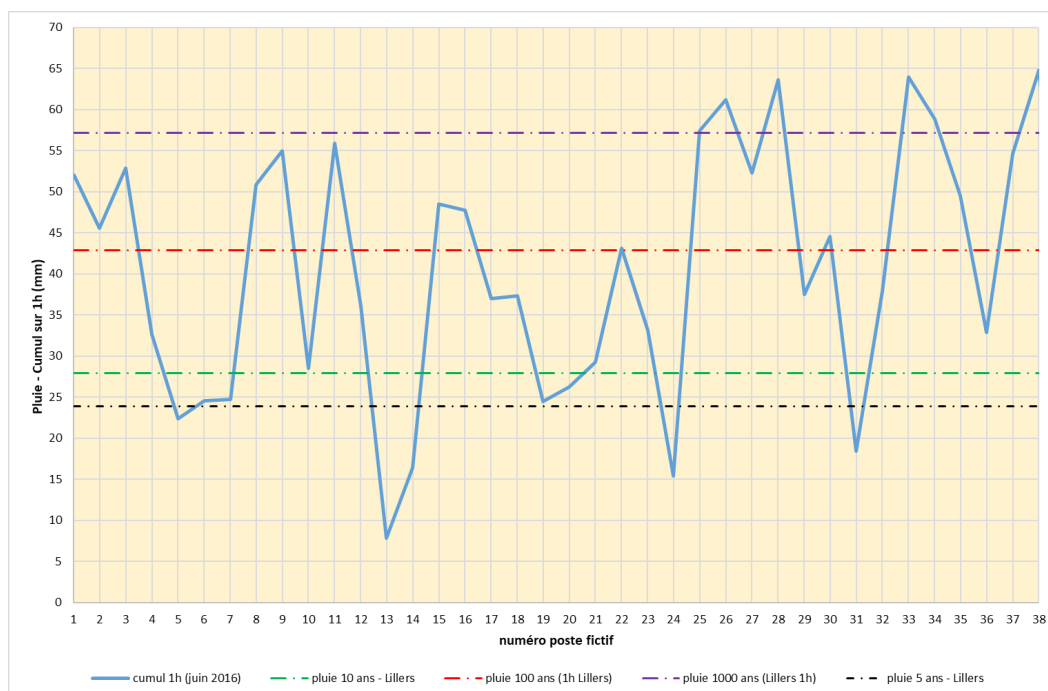
La figure suivante illustre le hyétogramme de la pluie de juin 2016 centennalisée utilisé dans le cadre de la modélisation hydraulique ruissellement sur la partie aval du bassin versant de la Souchez.



**Tableau 46: Hyetogramme de la pluie de juin 2016 centennalisée**

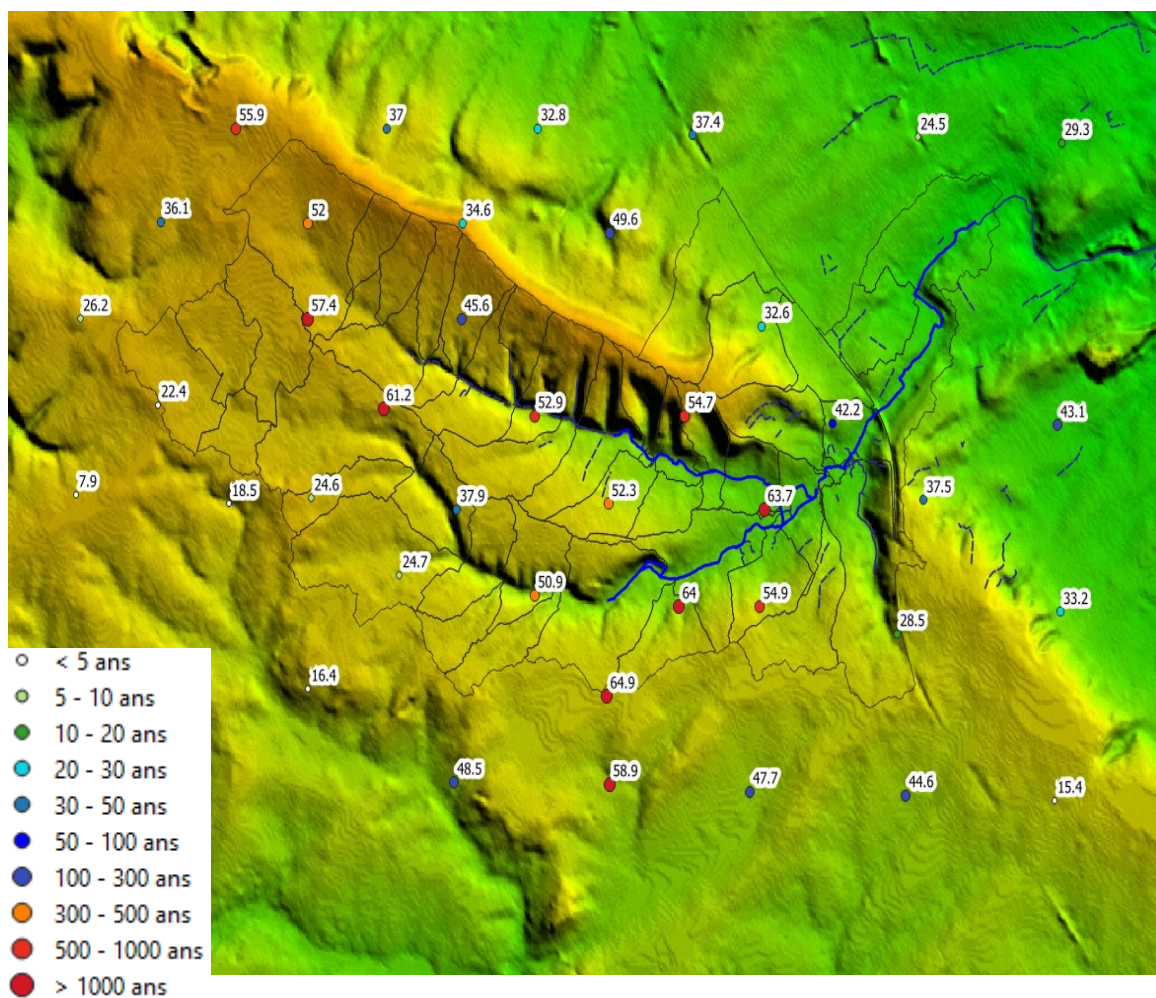
**Il est important de rappeler que les cumuls de précipitations sont très hétérogènes sur le bassin versant de la Souchez pour l'événement de juin 2016. L'événement de juin 2016 est en effet par endroit de période de retour très largement supérieure à 100 ans (notamment en quelques points de la partie amont du bassin versant) et par endroit de période de retour inférieure à 5 ans. Comme évoqué précédemment, l'événement de référence « ruissellement » est identique à l'événement de juin 2016 sur les secteurs où ce dernier est de période de retour supérieure à 100 ans.**

Concernant **l'évènement de juin 2016**, si on analyse le cumul sur 1h au niveau de 38 postes fictifs positionnés sur le bassin versant amont, on retrouve des **occurrences très variées, avec quelques postes où l'occurrence 1000 ans est dépassé et une majorité de poste pour lesquels  $T > 100$  ans.**



**Figure 57: Cumul sur 12h pour l'évènement de juin 2016 sur la partie amont du bassin versant de la Souchez VS statistiques à Lillers**



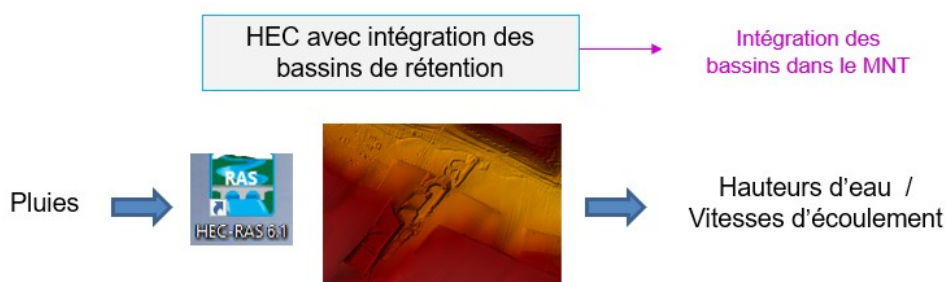


**Figure 47: Cumul sur 1h au niveau des postes pluviométriques fictifs pour la pluie de juin 2016 - évaluation de l'occurrence statistique**

## 6.6.2. Prise en compte des bassins de rétention existants

Comme pour l'aléa débordement, les deux bassins de rétention de Gouy-Servins et Villers-au-Bois ont été pris en compte pour l'aléa ruissellement.

Ces bassins ont été intégrés dans le *modèle hydraulique pour l'aléa ruissellement* comme *présenté ci-dessous*.

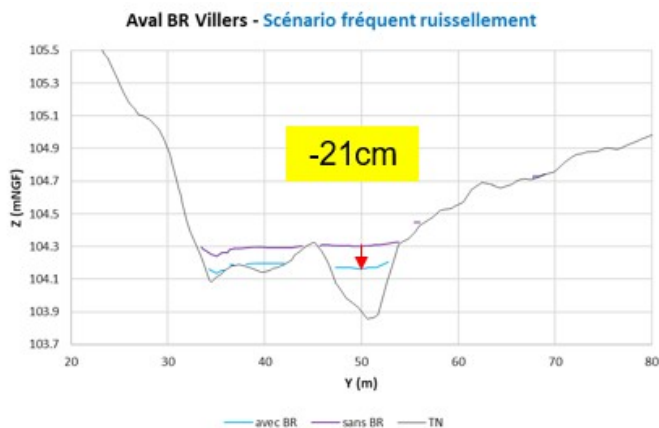


Comme pour le débordement, l'impact des bassins est négligeable pour l'évènement de référence.

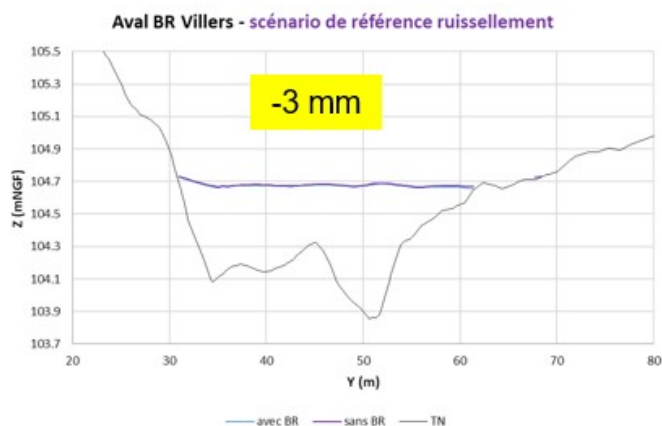
Pour illustrer ces propos, un exemple est donné au travers de l'impact du bassin de rétention de Gouy-Servins. L'impact est quasi-négligeable dès l'aval ce dernier pour l'évènement 100 ans.

Un profil en travers a été extrait en aval immédiat du bassin pour illustrer l'impact du stockage sur le niveau d'eau, et conclut à une diminution de 21cm pour l'évènement fréquent et de 3mm pour l'évènement de référence :

- Scénario fréquent = -21cm



- Scénario de référence = -3mm

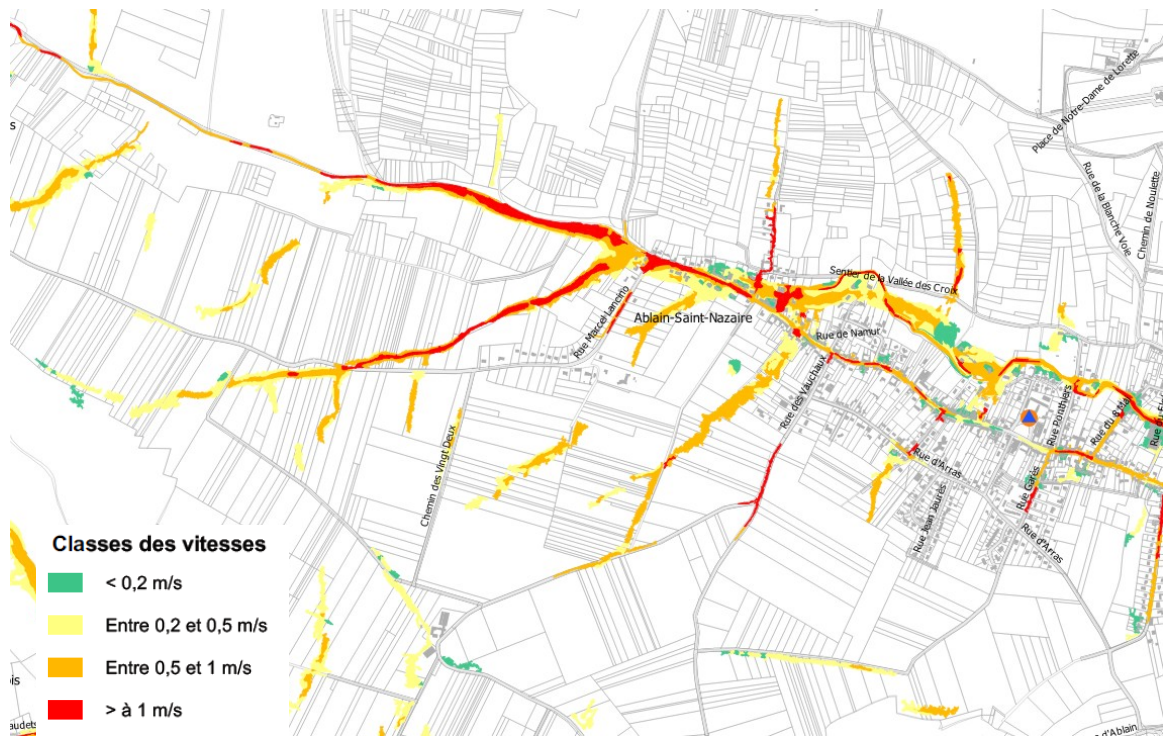


### 6.6.3. Résultats de la modélisation pour l'aléa de référence « ruissellement »

Les résultats de la modélisation pour l'aléa de référence « ruissellement » mettent en évidence l'existence de nombreux axes d'écoulement importants sur lesquels les vitesses d'écoulement peuvent dépasser 1 m/s. Ils sont observés au droit des talwegs naturels en zone rurale et le long des voiries et axes routiers en zone urbaine. Ils mettent également en évidence les zones d'accumulation du ruissellement en fond de vallée ainsi qu'au droit de dépressions topographiques.

#### Modèle amont

- Sur la partie en amont d'Ablain-Saint-Nazaire, plusieurs axes d'écoulement importants sont présents. On retrouve tout d'abord 2 axes de concentration au niveau du chemin à cailloux et de la rue Lancino. Les eaux de ruissellement (*celles notamment ne rejoignant pas le cours du Saint-Nazaire*) empruntent ensuite la rue Lancino.
- Dans Ablain-Saint-Nazaire, plusieurs axes de ruissellement en rive droite rejoignent la rue Lancino. Ces points de concentration sont localisés sur des routes et des terrains agricoles. Des vitesses importantes ( $> 1\text{m/s}$ ) sont présentes dans la rue Lancino et notamment après l'arrivée du chemin à cailloux, mais également sur des axes transversaux tels que la rue des Vauchaux, la rue des Scieurs, le chemin de la vallée de Chauffour.



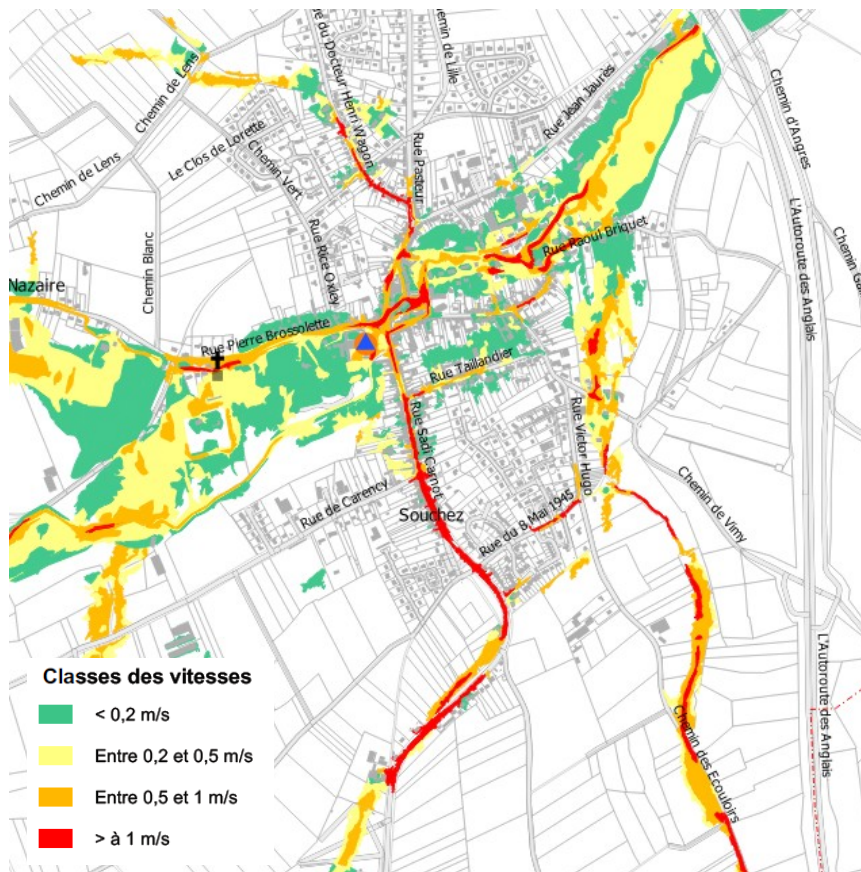
- En amont de Carency, une zone de concentration importante est présente en provenance de la rue du Bois des Baudets., qui rejoint ensuite la rue Salengro et le cours de la Carency.

Des axes de ruissellement latéraux sont également visibles avec notamment l'un d'entre eux en provenance de la commune de Villers-au-Bois.

Des vitesses importantes ( $> 1\text{ m/s}$ ) sont identifiées au niveau de la partie urbaine du bourg de Carency sur plusieurs axes routiers : rue du 8 mai, rue Gérard Barbot, rue Joliot Curie, sentier du Moulin Topart ou rue du Moulin.



- Sur la commune de Souchez, un axe de ruissellement important est présent au niveau de la rue Sadi Carnot (vitesse > 1 m/s). On retrouve également une zone de concentration du ruissellement niveau de la rue du 19 mars 1962 en provenance du chemin des Ecouloirs.

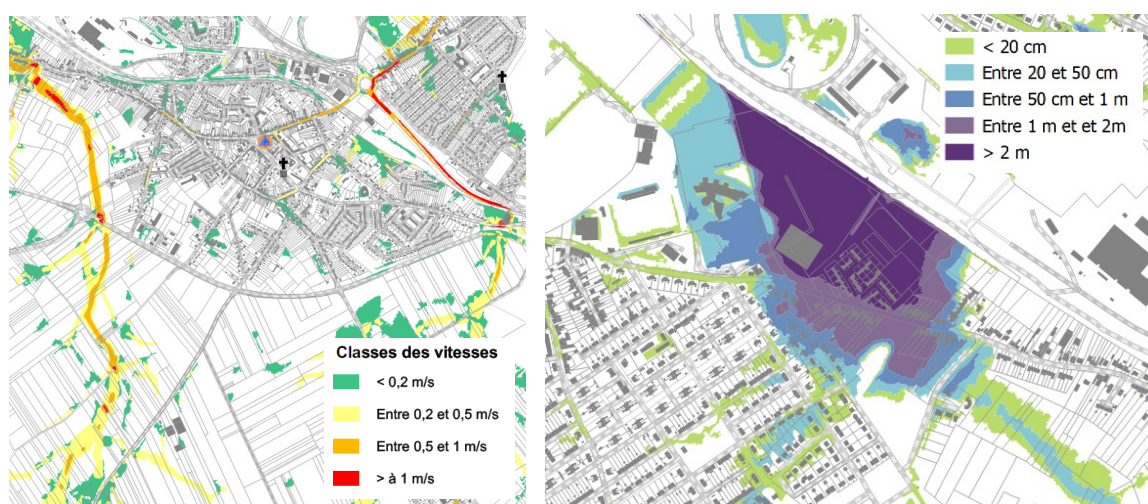


## **Modèle aval**

Les quelques paragraphes et illustrations à la suite illustrent brièvement les résultats de la modélisation sur quelques communes. Les cartographies de résultats de la modélisation de l'aléa de référence « ruissellement » (hauteurs de submersion, vitesses d'écoulement et aléas) sont présentées au sein du livrable L5 pour l'ensemble des communes du territoire d'étude.

Sur la commune de Méricourt par exemple, deux axes de ruissellement principaux se dessinent. A l'Ouest un premier axe de ruissellement se forme dans le talweg naturel (vitesses d'écoulement comprises entre 0.5 m/s et 1 m/s et localement supérieures à 1 m/s). Une importante zone d'accumulation se forme à l'aval de ce dernier sur la commune d'Avion au droit du stade (hauteurs de submersion supérieures à 2 m). A l'Est un deuxième axe de ruissellement se forme le long de la D262 avec des vitesses d'écoulement supérieures à 1 m/s.

La figure suivante illustre les deux principaux axes de ruissellement sur la commune de Méricourt et l'importante zone d'accumulation sur la commune d'Avion.



**Figure 58: Principaux axes de ruissellement sur la commune de Méricourt et zone d'accumulation sur la commune d'Avion pour l'aléa de référence « ruissellement »**

Un axe de ruissellement important est également observé sur la commune de Liévin, le long de la D58, entre le rond-point Charles de Gaulle et le giratoire de l'an 2000 et le long de la rue François Courtin (vitesses d'écoulement supérieures à 1 m/s). La figure ci-après illustre ce dernier.



**Figure 59: Axe de ruissellement le long de la D58 à Liévin pour l'aléa de référence**



Enfin, sur la commune de Lens, des axes de ruissellement importants se forment le long des axes routiers tels que la route de Béthune, la route de la Bassée, la rue Jean Moulin ou encore la rue de Londres. Ces axes de ruissellement présentent des vitesses d'écoulement comprises entre 0.5 et 1 m/s et localement supérieures à 1 m/s.

On observe également quelques zones d'accumulation importantes sur la commune de Lens. C'est le cas notamment à l'ouest de la gare SNCF, au droit de l'intersection entre la rue du Moulin et avenue Alfred Maës (hauteurs de submersion comprises entre 1 m et 2 m) et à l'ouest du stade Léo Lagrange, entre les rues Marcel Sembat, Raoul Briquet et Francis de Préssensé. La figure ci-après illustre les vitesses d'écoulement au droit des axes de ruissellement et zones d'accumulation sur la commune de Lens.



**Figure 60: Axes de ruissellement et zones d'accumulation sur la commune de Lens pour l'aléa de référence**

## 7. POINTS DE VIGILANCE ET INCERTITUDES

Les incertitudes des résultats de l'étude sont essentiellement liées aux incertitudes qui pèsent sur la caractérisation de l'aléa de référence, à savoir les incertitudes hydrologiques et les incertitudes de modélisation. Il s'agit d'incertitudes usuelles sur les résultats des études de modélisation hydrologiques et hydrauliques :

- En l'absence de station pluviométrique de référence sur le bassin versant de la Souchez, les statistiques utilisées pour caractériser les pluies de projet sont celles de la station Météo France de Lillers située à environ 20 km de la partie amont du bassin versant de la Souchez. Il s'agit de la station la plus proche du territoire d'étude et celle jugée la plus représentative de ce dernier disposant de statistiques de pluie (cumuls pour la période de retour 100 ans toutefois extrapolés au regard de la période de mesure insuffisante). Les statistiques de pluie à Lillers sont supposées représentatives de la pluviométrie sur le bassin versant de la Souchez. Une station pluviométrique à pas de temps fin sur la Souchez permettrait de confirmer la représentativité de Lillers.
- En l'absence de station hydrométrique sur le bassin versant de la Souchez, les débits de référence ont été estimés par analogie avec ceux du bassin versant de la Lawe (bassin versant voisin au fonctionnement hydrologique jugé semblable à celui du bassin versant de la Souchez). Ces estimations ont servi de points de comparaison et d'ajustement dans le cadre du calage du modèle (hypothèse qu'une pluie de période de retour donnée engendre un débit de période de retour à peu près équivalente). Une station hydrométrique sur la Souchez permettrait d'avoir une meilleure connaissance des débits en crue et donc d'estimer plus précisément le débit centennal.
- Les repères de crues ayant permis de caler et valider les modèles hydrauliques « débordement » et « ruissellement » sont issues des témoignages des riverains et la fiabilité de ces derniers est plus ou moins bonne selon les cas.
- La précision des résultats de la modélisation pour la caractérisation de l'aléa débordement est étroitement liée à la disponibilité, la fiabilité et la précision des données d'entrée (levés topographiques du lit mineur, des ouvrages hydrauliques et des ouvrages de franchissement notamment). Pour mémoire, il existe des incertitudes sur les dimensions des tronçons enterrés de la Souchez sous Liévin et Lens (en partie levées par la CALL dans le cadre de la présente étude). Un levé complet de ces tronçons enterrés permettrait de confirmer leur capacité hydraulique.
- La précision des résultats de la modélisation pour la caractérisation de l'aléa ruissellement est étroitement liée à la précision de la donnée topographique utilisée. Pour mémoire, la topographie utilisée (RGE ALTI de l'IGN) est légèrement moins précise sur l'extrémité amont du bassin versant amont de la Souchez (Servins, Gouy-Servins, Bouvigny, Boyeffles) que sur le reste du territoire. Une topographie plus précise sur ce secteur amont permettrait d'affiner les axes de ruissellement.

## 8. EXPLOITATION DES RÉSULTATS ET RESTITUTION CARTOGRAPHIQUE

Ce chapitre s'attache à décrire les méthodes proposées pour cartographier les aléas débordement et ruissellement sur le bassin versant de la Souchez.

Le logiciel utilisé pour la cartographie des aléas sera le logiciel QGIS v3.4.

### 8.1. DÉFINITION DES ALÉAS

La modélisation de l'événement de référence pour les phénomènes de débordement de cours d'eau et de ruissellement permet d'accéder aux hauteurs d'eau maximales, aux vitesses maximales d'écoulement ainsi qu'aux vitesses de montée des eaux.

L'aléa de référence repose en premier lieu sur un croisement entre :

- les hauteurs d'eau, divisées en 4 classes :
  - inférieures à 50 cm, hauteurs d'eau faibles ;
  - comprises entre 50 cm et 1 m, hauteurs d'eau moyennes ;
  - comprises entre 1 m et 2 m, fortes hauteurs d'eau ;
  - supérieures à 2 m, très fortes hauteurs d'eau.
- la dynamique de crue, divisée en 3 classes :
  - lente ;
  - moyenne ;
  - rapide.

C'est bien le croisement entre ces deux paramètres qui conditionne le risque sur une zone donnée. En effet, un même niveau d'aléa peut être induit par de fortes hauteurs d'eau et une dynamique lente et par de faibles hauteurs d'eau mais une dynamique rapide.

La dynamique de crue résulte de la combinaison entre :

- les vitesses d'écoulements, divisées en 4 classes :
  - inférieures à 0.2 m/s, faibles vitesses d'écoulement ;
  - comprises entre 0.2 et 0.5 m/s, vitesses d'écoulement moyennes ;
  - comprises entre 0.5 et 1 m/s, fortes vitesses d'écoulement ;

- supérieures à 1 m/s, très fortes vitesses d'écoulement.
- la vitesse de montée des eaux, divisées en 2 classes :
  - lente ;
  - rapide.

La vitesse de montée des eaux, lorsqu'elle est rapide, vient majorer le niveau de la dynamique. La grille de dynamique de crue retenue dans le cadre de l'étude est présentée ci-dessous.

	Vitesse de montée des eaux lente	Vitesse de montée des eaux rapide
<b>Vitesse d'écoulement &lt; 0.2 m/s</b>	Dynamique lente	Dynamique moyenne
<b>0.2 &lt; Vitesse d'écoulement &lt; 0.5 m/s</b>	Dynamique moyenne	Dynamique rapide
<b>0.5 &lt; Vitesse d'écoulement &lt; 1 m/s</b>	Dynamique rapide	Dynamique rapide
<b>Vitesse d'écoulement &gt; 1 m/s</b>	Dynamique rapide	Dynamique rapide

**Tableau 48: Grille de dynamique de crue**

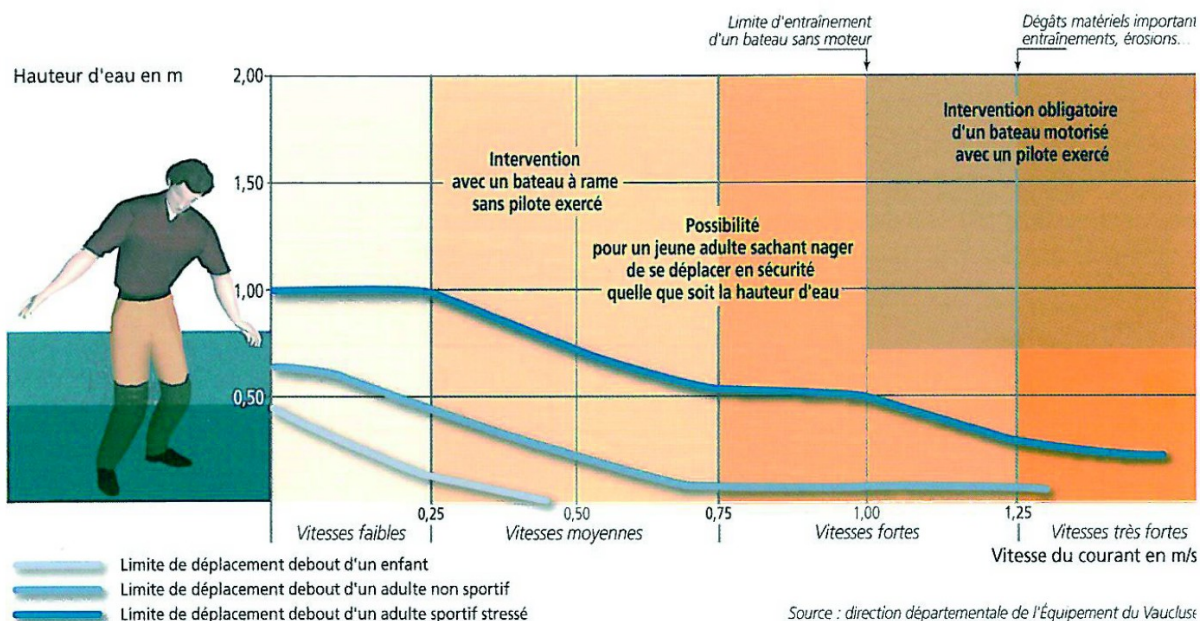
Dans le lit majeur de la Souchez, la vitesse de montée des eaux est majoritairement lente :

- inférieure à 13 cm/h sur 60 % des mailles en eau,
- inférieure à 25 cm/h sur 80 % des mailles en eau,
- inférieure à 35 cm/h sur 90 % des mailles en eau.

Les vitesses de montée des eaux supérieures à 25 cm/h calculées en lit majeur de la Souchez sont essentiellement liées à la présence de quelques dépressions topographiques qui se remplissent plus rapidement que le reste du lit majeur (c'est le cas par exemple à Liévin ou Eleu-Dit-Leauwette).

Le choix de considérer une cinétique de montée des eaux globalement « lente » pour l'aléa débordement à l'échelle du bassin versant de la Souchez est justifié dans la mesure où ces points bas topographiques sont soumis à des hauteurs de submersion supérieures 2 m et donc à un aléa de type « conditions extrêmes » cela quelle que soit la dynamique des écoulements. La vitesse de montée des eaux peut donc être qualifiée de « lente » sur le bassin versant de la Souchez.

La figure ci-après illustre l'impact du croisement entre les paramètres hauteurs et vitesses d'écoulement sur les capacités de déplacement des personnes en fonction de leur âge.



**Figure 61: Capacités de déplacement des personnes en fonction de la hauteur d'eau et de la vitesse d'écoulement (source : DDT Vaucluse)**

La grille d'aléa retenue est une grille d'aléa fonctionnel. Cette grille d'aléa ne qualifie pas le risque en matière de gravité (aléa « classique » faible, moyen ou fort) mais plutôt en matière de fonctionnement hydraulique d'une part et de phénomènes rencontrés d'autre part (écoulement, accumulation voire les deux en même temps) pour une meilleure compréhension globale et une meilleure lecture des cartes. Elle permet ainsi de caractériser à la fois les phénomènes de débordement de cours d'eau et de ruissellement.

	<b>Dynamique lente</b>	<b>Dynamique moyenne</b>	<b>Dynamique rapide</b>
<b>Hauteur d'eau &lt; 0.5 m</b>	Faible accumulation	Écoulement	Fort écoulement
<b>0.5 &lt; Hauteur d'eau &lt; 1 m</b>	Accumulation moyenne	Écoulement	Fort écoulement
<b>1 &lt; Hauteur d'eau &lt; 2 m</b>	Forte accumulation	Forte accumulation	Conditions extrêmes
<b>Hauteur d'eau &gt; 2 m</b>	Conditions extrêmes	Conditions extrêmes	Conditions extrêmes

**Tableau 49: Grille d'aléa fonctionnel**

Cette grille d'aléa a fait l'objet d'une validation lors du COTEC de Phase 2 du 09/09/20. Pour mémoire, cette grille a également été retenue dans le cadre des différents PPRi en cours

dans le Pas-de-Calais, en accord avec la DDTM62 et les différents comités techniques de suivi.

Cette grille d'aléa permet de caractériser le risque inondation en tout point du territoire et de le cartographier. Elle est compatible avec la grille d'aléa définie dans l'arrêté du 5 juillet 2019 relatif à la détermination, qualification et représentation cartographique de l'aléa de référence et de l'aléa à échéance 100 ans s'agissant de la submersion marine, dans le cadre de l'élaboration ou de la révision des plans de prévention des risques concernant les « aléas débordement de cours d'eau et submersion marine ».

Pour mémoire, cette grille est présentée ci-après.

	<b>Dynamique lente</b>	<b>Dynamique moyenne</b>	<b>Dynamique rapide</b>
<b>Hauteur d'eau &lt; 0.5 m</b>	Faible	Modéré	Fort
<b>0.5 &lt; Hauteur d'eau &lt; 1 m</b>	Modéré	Modéré	Fort
<b>1 &lt; Hauteur d'eau &lt; 2 m</b>	Fort	Fort	Très fort
<b>Hauteur d'eau &gt; 2 m</b>	Très fort	Très fort	Très fort

**Tableau 50: Grille d'aléa définie dans l'arrêté du 5 juillet 2019**

## 8.2. MÉTHODOLOGIE D'ÉLABORATION DES CARTES

### 8.2.1. Création des contours de hauteurs et vitesses

Les résultats bruts extraits de HEC-RAS sont traités à l'aide des logiciels SIG QGIS (version 3.4.15) et GrassGIS (version 7.2.0) afin d'obtenir les couches SIG de classes de hauteurs et de vitesses maximales. Les traitements cartographiques réalisés intègrent à la fois les résultats hydrauliques au droit de l'ensemble des mailles de calculs du modèle 2D mais également ceux calculés au droit de l'ensemble des profils en travers du modèle 1D. Cela permet de cartographier l'intégralité de l'emprise inondable.

Un travail de nettoyage et de lissage des couches SIG produites sera réalisé pour restreindre le poids des fichiers géomatiques produits et conserver uniquement les informations pertinentes au sein des couches SIG.

En particulier, dans le cadre de la caractérisation des phénomènes de ruissellement, la pluie est appliquée sur tout le territoire. D'un point de vue cartographique cela se manifeste par la création de multiples zones inondées de très petite taille (à l'intérieur des « cuvettes ») qui nuisent à la lecture globale de la carte et ne représentent pas réellement un risque à l'échelle du territoire. Cette problématique, rencontrée dans le cadre de l'élaboration de divers PPRi « ruissellement » dans la région des Hauts de France, a conduit à définir plusieurs critères de filtrage des résultats de la modélisation :

- un critère de hauteur d'eau minimum de 3 cm pour filtrer les zones inondées non significatives (un seuil de 1 à 3 cm de hauteur a été retenu dans le cadre des autres PPRi sur le territoire) ;
- un critère de surface inondée minimum pour filtrer les zones de connexion ou d'accumulation de petite taille, isolées et présentant de faibles hauteurs d'eau : un seuil de 1000 m<sup>2</sup> a été retenu (suppression des surfaces inondées isolées de superficies inférieures à 1000 m<sup>2</sup>).

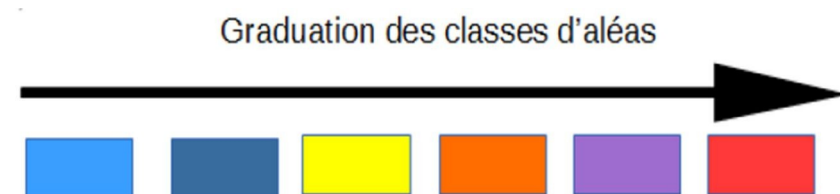
Par ailleurs, pour le débordement et le ruissellement, les petits polygones (non isolés) de surfaces inférieures à 300 m<sup>2</sup> sont fusionnés avec les polygones voisins (et prennent la valeur du polygone voisin) pour la cartographie de l'aléa inondation.

Enfin, un lissage du contour des polygones est réalisé afin de supprimer l'effet de « crénelage » lié à la vectorisation du raster résultats bruts de la modélisation hydraulique.

### 8.2.2. Zones de recouvrement entre aléa débordement de cours d'eau et aléa ruissellement

Le scénario de référence permettant de cartographier l'aléa de référence (synthèse des phénomènes de débordement et ruissellement), résulte de la fusion des résultats des modèles hydraulique « débordement » et « ruissellement ». En cas de superposition des résultats, l'aléa le plus pénalisant entre débordement et ruissellement a été retenu selon la hiérarchie présentée ci-dessous.

*Faible accumulation < Accumulation moyenne < Écoulement < Fort Écoulement < Forte accumulation < Conditions extrêmes*



**Figure 62: Hiérarchie des classes d'aléa considérées en termes de gravité**



---

### 8.2.3. Format des rendus et exemples

Les cartographies sont réalisées à l'échelle communale au 1/5 000<sup>e</sup>, sur fond cadastral.

Les cartographies suivantes sont produites pour la synthèse des phénomènes de débordement de cours d'eau et de ruissellement :

- la cartographie des hauteurs d'eau maximales,
- la cartographie des vitesses maximales d'écoulement,
- la cartographie de l'aléa de référence.