



# **PAPI – PPRI** de la Canche



## **Partie 1. Diagnostic territorial** **Volet 2. Caractérisation des aléas** **LCOM13** **Modélisation hydrologique et** **hydraulique**





hydratec

setec

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

Email : hydra@hydra.setec.fr

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

Directeur d'affaire : BST

Responsable d'affaire : LPU

N°affaire : 37093

Fichier : 37093\_LCOM13\_Avancement1.docx

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	20/03/2016	NMT	LPU	46	





## Table des matières

1	CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	9
1.1	Contexte de l'étude.....	9
1.2	Objectifs de l'étude.....	9
1.3	Déroulé de l'étude.....	10
1.4	Objet du présent livrable.....	11
2	MODELISATION HYDROLOGIQUE.....	12
2.1	Présentation du logiciel utilisé.....	12
2.2	Découpage en bassins versants élémentaires.....	12
2.3	Génération des pluies.....	13
2.3.1	Choix des postes pluviométriques.....	13
2.3.2	Discrétisation des pluies journalières sur la période intense.....	14
2.3.3	Génération des pluies sur les bassins versants élémentaires.....	15
2.4	Modélisation mise en œuvre.....	15
2.4.1	Module SCS.....	16
2.4.2	Module RSVL.....	17
2.4.3	Paramétrage.....	17
3	MODELISATION HYDRAULIQUE.....	19
3.1	Présentation du logiciel HydraRiv utilisé.....	19
3.2	Présentation des modélisations mises en œuvre.....	19
3.3	Structure du modèle.....	20
3.3.1	Lit mineur.....	20
3.3.2	Lit majeur.....	21
3.3.3	Singularités.....	23
3.3.4	Conditions aux limites.....	23
3.3.5	Synthèse.....	24
3.4	Topographie prise en compte.....	26
4	CALAGE DES MODELES.....	27
4.1	Crues de calage.....	27
4.2	Prise en compte des ouvrages de rétention des bassins versants.....	27
4.3	Données de calage.....	27
4.3.1	Mesures des stations.....	27
4.3.2	Laisses de crue.....	28
4.3.3	Zones Inondées Connues (ZIC).....	28
4.4	Résultats du calage.....	30
4.4.1	Calages aux stations hydrométriques.....	30
4.4.2	Calage par rapport aux laisses de crue.....	36
4.4.3	Calage par rapport aux ZIC.....	36
4.5	Paramétrage retenu – enseignements du calage.....	36



4.5.1	Aptitude du sol à ruisseler .....	36
4.5.2	Conditions initiales des sols .....	37
4.5.3	Débit de base .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.5.4	Infiltration vers la nappe .....	37
4.5.5	Routages des hydrogrammes calculés .....	37
4.5.6	Paramètres hydrauliques de vallée – coefficients de Strickler .....	38
4.6	Conclusion.....	38
5	TESTS DE SENSIBILITE .....	39
5.1	Au coefficient de Strickler .....	39
5.2	A la condition limite aval .....	39

## ANNEXES

Annexe 1 - Atlas du modèle hydraulique de la Canche

Annexe 2 - Analyse cartographique sur les sous bassins versants élémentaires



## Table des illustrations

Figure 2-1 : Schéma conceptuel d'arborescence d'un sous-réseau hydrologique	12
Figure 2-2 : Découpage en bassins versants élémentaires	13
Figure 2-3 : Postes pluviométriques sur et autour du bassin versant de la Canche	14
Figure 2-3 : Corrélations entre les postes pluviométriques horaires et journaliers	15
Figure 2-4 : Structure du module SCS	16
Figure 2-5 : Structure du module RSVL	17
Figure 3-1 : Etendue proposée pour la modélisation de vallée	20
Figure 3-2 - Exemple de profil en travers de lit mineur	20
Figure 3-3 : Modélisation du lit majeur avec des profils en travers	21
Figure 3-4 : - Modélisation du lit majeur avec des pavés	22
Figure 3-5 : Modélisation ZUI dans le centre-ville d'Hesdin	23
Figure 3-6 – Structure générale du modèle hydraulique	25
Figure 4-1 : Position des données disponibles pour le calage	29
Figure 4-2 : Courbe de tarage de la station d'Hesdin sur la Ternoise	30
Figure 4-3 : Courbe de tarage de la station de Brimeux sur la Canche	31
Figure 4-4 : Hydrogrammes et limnigrammes aux stations d'Hesdin et de Brimeux pour la crue de décembre 1999	32
Figure 4-5 : Hydrogrammes et limnigrammes aux stations d'Hesdin et de Brimeux pour la crue de février 2002	33
Figure 4-6 : Hydrogrammes et limnigrammes aux stations d'Hesdin et de Brimeux pour la crue de décembre 2012	34
Figure 4-7 : Hydrogrammes et limnigrammes à la station d'Attin pour la crue de décembre 2012	35
Figure 4-8 : Stockages totaux des bassins versants élémentaires retenus pour le calage	37
Figure 1 : Pluviométrie annuelle moyenne des bassins versants élémentaires	42
Figure 2 : Pluviométrie journalière décennale selon SHYREG des bassins versants élémentaires	43
Figure 3 : Pluviométrie journalière centennale selon SHYREG des bassins versants élémentaires	44
Figure 4 : Géologie des bassins versants élémentaires	45
Figure 5 : Pentés des bassins versants élémentaires	46
Tableau 3-1 : Longueurs et numéros de branches associées aux différents biefs modélisés	21
Tableau 3-2 : Levés topographiques de lit mineur existants	26
Tableau 3-3 : Levés topographiques des campagnes 1 et 2	26
Tableau 4-1 : Début et fin des périodes intenses et préparatoires pour les crues de calage	27
Tableau 4-2 : Laisses de crue répertoriées pour les crues de calage	28
Tableau 4-3 : Débit maximal et volume aux stations d'Hesdin sur la Ternoise et de Brimeux sur la Canche	35
Tableau 4-4 : Cotes mesurées et calculées au droit des laisses de crue	36





# 1 Cadre et objectifs de l'étude

## 1.1 Contexte de l'étude

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

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

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

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

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

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

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

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

## 1.2 Objectifs de l'étude

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

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

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

Les temps forts de réalisation du PAPI concernent :

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



La révision attendue du PPR comprend :

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

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

### 1.3 Déroulé de l'étude

L'étude se déroule en 3 parties :

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

La première partie de diagnostic territorial se décompose en 4 volets :

- Volet 1 : Diagnostic initial du fonctionnement du bassin versant et connaissance des phénomènes historiques
- Volet 2 : Caractérisation des aléas
- Volet 3 : Caractérisation des enjeux exposés
- Volet 4 : Evaluation du risque inondation sur le bassin versant de la Canche

Le deuxième volet de diagnostic initial du fonctionnement du bassin versant et connaissance des phénomènes historiques comprend 4 livrables :

- **Livable LCOM12 : Méthode de détermination des aléas**  
Ce livrable présente les méthodes retenues, sur la base de la phase de recueil de données, pour l'analyse hydrologique et pour qualifier les aléas ruissellement sur les parties amont du bassin versant et les aléas débordement pour les vallées et les secteurs aval. Pour ces derniers, le facteur aggravant des remontées de nappes sera pris en compte si nécessaire.
- **Livable LCOM13 : Rapport sur les aléas déterminés**  
Ce livrable prend la forme d'un dossier explicitant la détermination des aléas, justifiant et commentant les scénarios choisis et leurs résultats. Il développe l'étude hydrologique réalisée ainsi que la construction et le calage du modèle hydraulique. Ce document contient aussi les cartes de l'analyse hydrogéomorphologique.
- **Livable LCOM 14 : Les cartes des aléas première version**  
Il s'agit de la cartographie des aléas ruissellement, débordement et remontée de nappe.
- **Livable LCOM15 : Études complémentaires**  
L'analyse des aléas obtenus permet de dégager les éventuelles études complémentaires à mettre en œuvre pour améliorer la qualité des résultats. Celles-ci sont hiérarchisées en fonction des besoins.



## 1.4 Objet du présent livrable

Le présent rapport constitue un rapport d'étape du livrable LCOM13: Modélisation hydrologique et hydraulique.

Ce document traite de la construction des modèles hydrologique et hydraulique ainsi que de leur calage.

Il débute par exposer la modélisation hydrologique mise en œuvre. Celle-ci s'appuie sur le découpage des bassins versants de la Canche et de ses affluents en sous bassins versants élémentaires et sur la génération des pluies sur ces espaces à partir de chroniques mesurées à différents postes pluviométriques.

Une seconde partie est dédiée à la construction du modèle hydraulique, avec notamment sa structure et la topographie prise en compte.

Enfin, les résultats du calage sont présentés ainsi que les enseignements que l'on peut en tirer.

## 2 Modélisation hydrologique

La modélisation hydrologique (ou encore appelée modélisation pluie-débit) vise à calculer les hydrogrammes générés par le bassin versant et qui alimentent les cours d'eau.

### 2.1 Présentation du logiciel utilisé

La modélisation hydrologique de la présente étude est réalisée à l'aide du logiciel de modélisation HydraBV, logiciel sous licence setec hydratec.

Pour chaque sous-bassin versant élémentaire, le logiciel calcule l'hydrogramme ruisselé à l'exutoire.

HydraBV offre la possibilité d'organiser les sous-bassins versants entre eux sous forme d'un réseau hydrologique reproduisant fidèlement les zones de production (les bassins versants) et les zones de propagation des ruissellements (thalwegs).

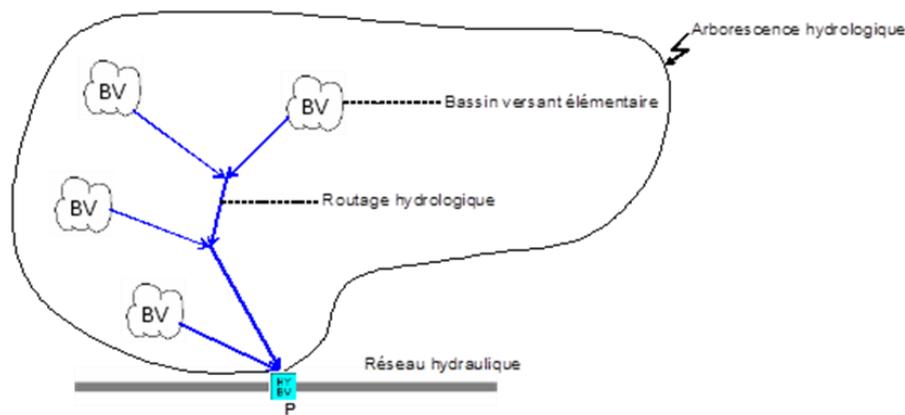


Figure 2-1 : Schéma conceptuel d'arborescence d'un sous-réseau hydrologique

### 2.2 Découpage en bassins versants élémentaires

Les bassins versants de la Canche et de ses affluents sont découpés en sous-bassins élémentaires. Le découpage s'appuie notamment sur les ouvrages de rétention les plus importants présents sur les bassins versants et identifiés par le Symcéa, ainsi que sur les linéaires modélisés. Le découpage vise par ailleurs à assurer l'homogénéité de la géologie, des pentes, de l'occupation des sols et de la pluviométrie annuelle moyenne de chaque sous bassin versant élémentaire (voir les cartes présentées en annexe 2). La carte qui suit présente le maillage en bassins versants élémentaires.

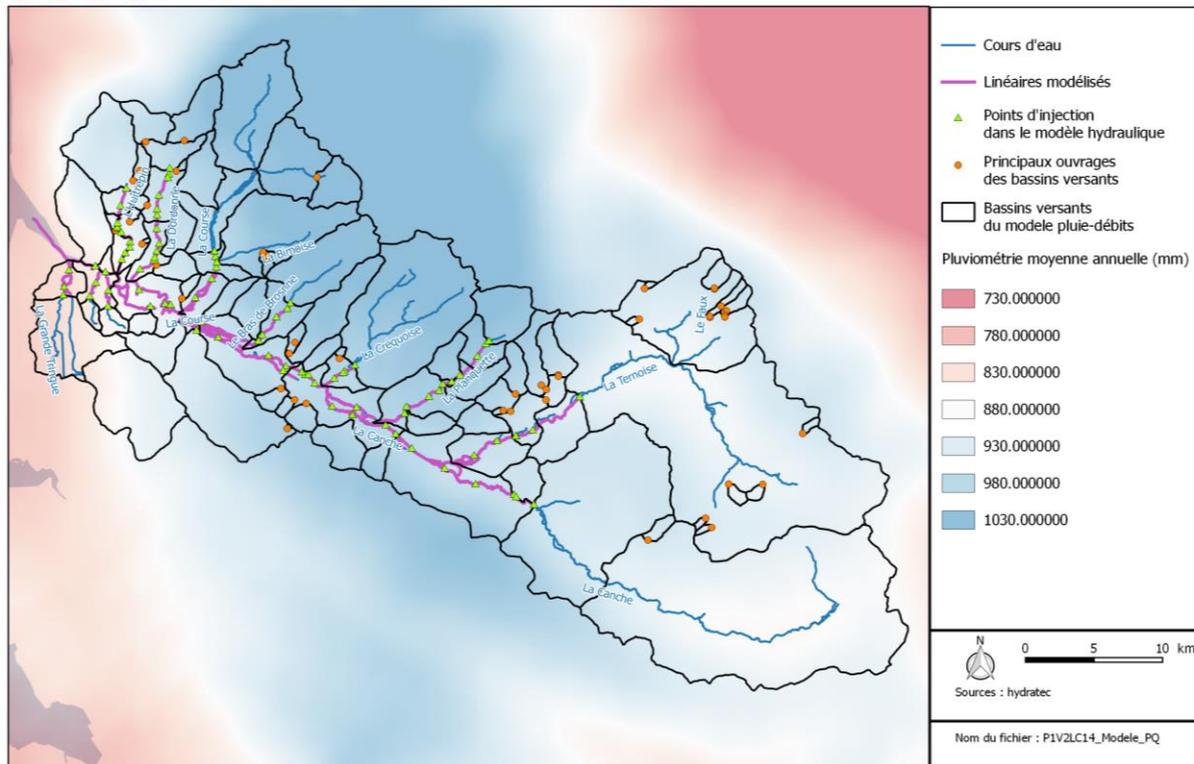


Figure 2-2 : Découpage en bassins versants élémentaires

Les hydrogrammes calculés en chaque sous bassin versant élémentaire sont ensuite injectés dans le modèle hydraulique. Ceux qui ne sont pas contigus zones modélisées sont propagés jusqu'à leur point d'injection.

Pour limiter des apports ponctuels trop importants qui ne reflètent pas le comportement physique des vallées, l'hydrogramme de certains des sous bassins versants est subdivisé en plusieurs points d'apport dans le modèle hydraulique. Les hydrogrammes injectés sont déterminés au prorata de la surface de bassin versant interceptée en chaque point d'injection.

## 2.3 Génération des pluies

Les pluies constituent les données d'entrée du modèle hydrologique. Les pluies utilisées ici sont les hauteurs de précipitation horaires lorsqu'elles existent et journalières sinon relevées aux postes pluviométriques de Météo France.

### 2.3.1 Choix des postes pluviométriques

Les postes pluviométriques présents sur le territoire d'étude et à proximité permettent de définir la pluviométrie sur l'ensemble du bassin versant de la Canche tout en offrant une bonne représentativité de la pluie moyenne annuelle. Choisir des mesures ponctuelles est adapté ici puisque les crues à caractériser sont des événements hivernaux résultants de pluies homogènes et non d'orages locaux.

La carte ci-après indique les postes pluviométriques à disposition et les années pendant lesquelles des mesures sont disponibles.

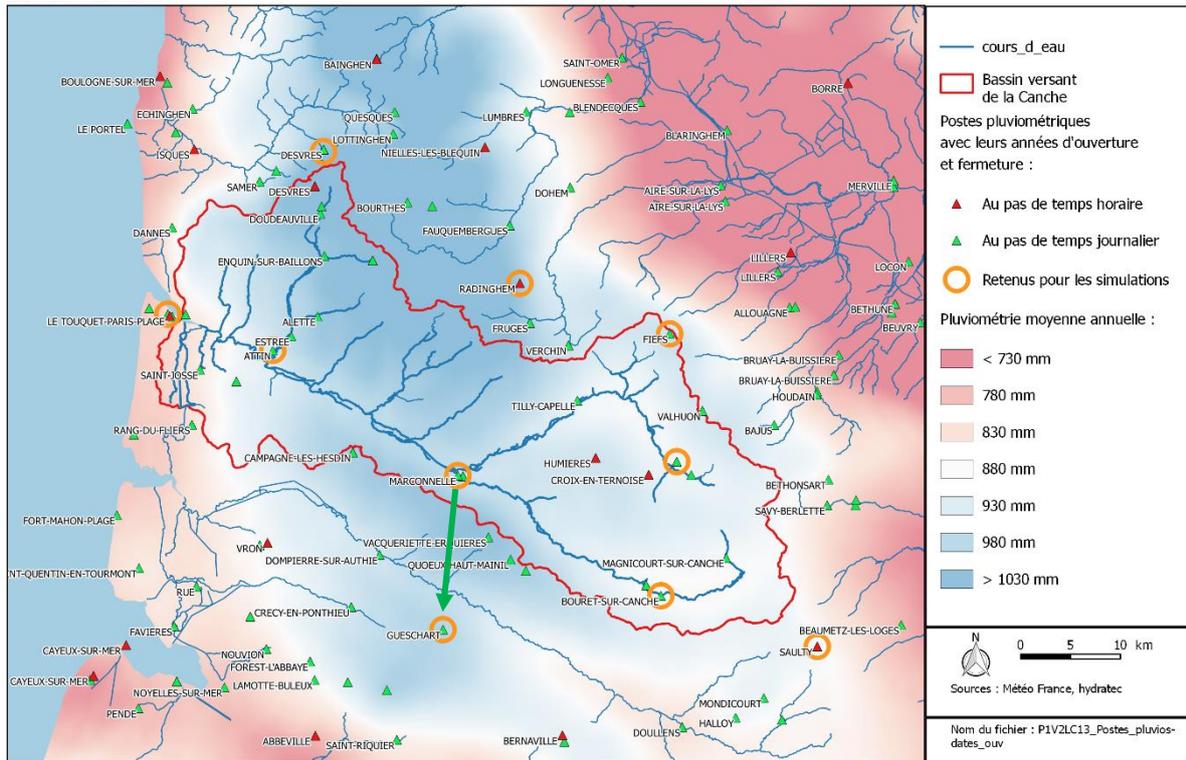


Figure 2-3 : Postes pluviométriques sur et autour du bassin versant de la Canche

Les postes retenus sont choisis de façon à :

- Assurer une répartition spatiale des postes pluviométriques permettant de couvrir l'ensemble du bassin versant de la Canche,
- Être représentatif des variations de pluie moyenne annuelle du bassin versant,
- Être ouverts pendant l'année hydrologique des épisodes de crue à simuler (en 1999-2000, 2001-2002 et 2012-2013).

Selon ces critères, neuf postes pluviométriques sont sélectionnés pour fournir les données d'entrée du modèle hydrologique (entourés en orange sur la carte de la précédente).

Le poste de Marconnelle a été fermé en 2011, par conséquent, il est remplacé par celui de Gueschart pour représenter la pluviométrie de la crue de décembre 2012.

### 2.3.2 Discretisation des pluies journalières sur la période intense

Pour les postes pluviométriques ne disposant que de données journalières sur la période intense de la crue, une chronique horaire est reconstituée à partir de celle d'un poste horaire voisin. La discretisation consiste à conserver pour chaque pas de temps horaire la proportion entre la lame d'eau tombée chaque heure et le cumul journalier du poste.

Il est admis que les perturbations se propagent d'Ouest en Est sur le bassin versant de la Canche. Les postes pluviométriques les plus proches de la Manche reçoivent en premier les épisodes pluvieux. A chaque poste qui dispose de données horaires est associé un secteur orienté Nord-Sud au sein duquel les pluies surviennent au même moment. La corrélation est ainsi effectuée entre les postes situés au sein d'un même secteur.

La carte ci-après présente les corrélations effectuées entre les postes ainsi que les trois secteurs Nord-Sud définis précédemment :

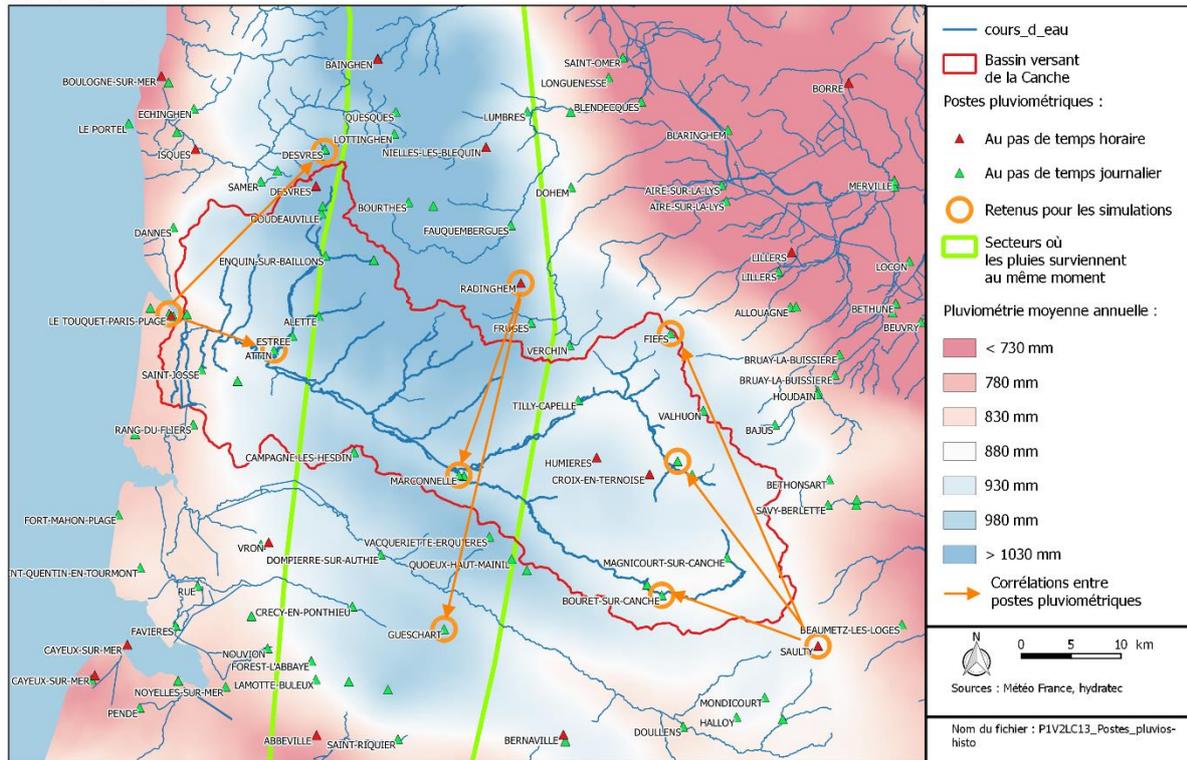


Figure 2-4 : Corrélation entre les postes pluviométriques horaires et journaliers

### 2.3.3 Génération des pluies sur les bassins versants élémentaires

A partir des chroniques horaires aux dix postes pluviométriques présentés ci-dessus, les pluies sont générées sur les bassins versants élémentaires. Pour chacun d'eux, le calcul de la pluie se fait à partir de la chronique du poste le plus proche pondérée par la pluviométrie moyenne annuelle.

## 2.4 Modélisation mise en œuvre

Le modèle pluie-débit permet la conversion de la pluie brute tombée sur chaque bassin versant élémentaire en hydrogrammes à injecter dans le modèle hydraulique. Afin de reproduire au mieux le comportement hydrologique du bassin versant de la Canche, il est choisi d'utiliser deux modules :

- Module SCS pour le calcul du débit de ruissellement,
- Module RSVL pour le calcul du débit d'échange avec la nappe superficielle.

Le module SCS permet de reproduire les pics de débits générés même par des pluies de faible intensité qui sont par exemple visibles sur la Ternoise grâce aux mesures de la station d'Hesdin. Par ailleurs, les hydrogrammes mesurés aux stations d'Hesdin sur la Ternoise et de Brimeux sur la Canche montrent une variation interannuelle de 15 à 30% du débit de base sur les trois premiers mois d'une année hydrologique (septembre à novembre). Ce phénomène atteste de la présence et du rôle de la nappe alluviale dans la réponse hydrologique du bassin versant de la Canche, d'où le recours au module RSVL qui apporte le débit de base issu des échanges avec la nappe.

Ces deux modules sont décrits ci-après.

L'hydrogramme résultant sur chaque bassin versant élémentaire est la somme des hydrogrammes donnés par ces deux modules. Un routage permet ensuite de le propager jusqu'à son point d'injection dans le modèle hydraulique.

## 2.4.1 Module SCS

Ce module s'applique plutôt à des bassins versants majoritairement ruraux peu perméables et est présenté sur la Figure 2-5. Dans ce modèle, le sol est décomposé en deux couches superposées :

- la Réserve Facilement Utilisable (RFU),
- la couche de sol intermédiaire (J).

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

La couche de sol intermédiaire, alimentée par l'excédent de la couche RFU, se vidange par ressuyage et par ruissellement. De plus, cette couche peut aussi se vider par pertes vers les couches profondes (absentes ici).

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

Ce modèle est défini par 5 paramètres :

- RFU : Hauteur de la Réserve Facilement Utilisable exprimée en mm.
- $J_0$  : La hauteur d'interception potentielle du sol en mm.
- K : Le temps de réponse du bassin au ruissellement rapide, en jours.
- $T_r$  : Le temps de réponse du bassin au ressuyage, en jours.
- $f_0$  : Perte par infiltration vers les couches profondes en mm/j.

La transformation en hydrogramme de la lame d'eau totale écoulee est ensuite réalisée par la méthode de l'hydrogramme unitaire (fonction de transfert de la méthode Socose). Cette méthode est toutefois améliorée par une nouvelle formulation proposée par le Cemagref, introduisant un paramètre supplémentaire «  $\beta$  » (à caler), qui permet de mieux prendre en compte la forme de l'hydrogramme à la décroissance.

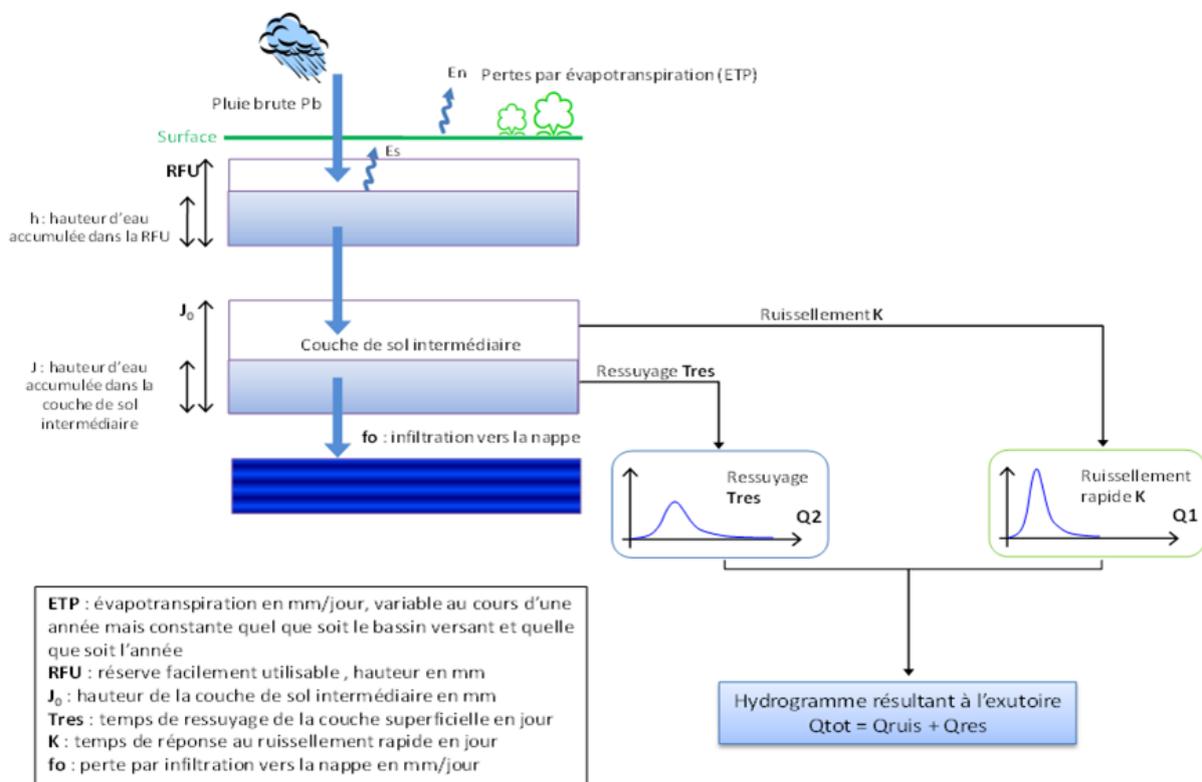


Figure 2-5 : Structure du module SCS

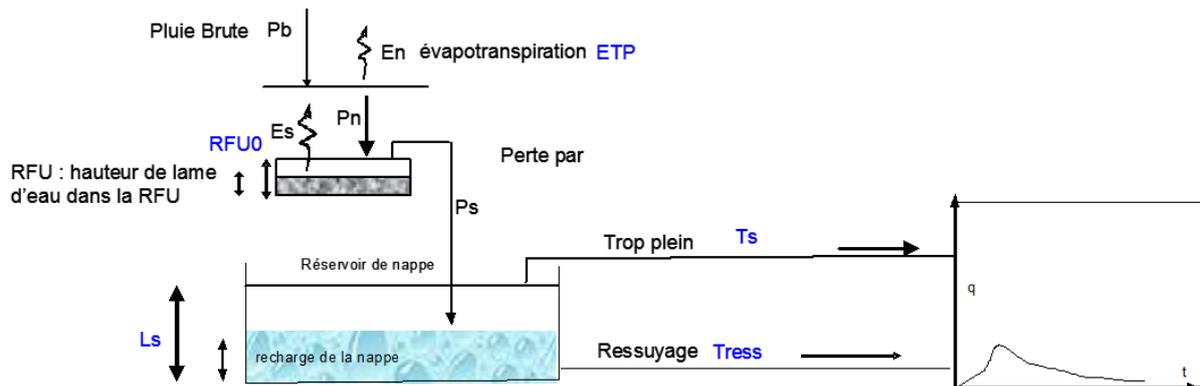
## 2.4.2 Module RSVL

Le module RSVL est un module dit « de nappe » (ou réservoir linéaire). Il représente le comportement de la nappe perchée temporaire qui se forme dans les couches superficielles du sol. Ce modèle tient compte explicitement du phénomène d'infiltration et de saturation du sol (cf. figure page suivante).

Le réservoir de nappe, alimenté par l'excédent de la couche RFU, se vidange ici **uniquement par ressuyage**.

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

Les paramètres de calage intervenant dans le calcul sont la capacité d'interception du sol (RFU et J), le temps de ressuyage du sol et le temps de réponse en cas de trop plein.



Les paramètres de calage du modèle sont :

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

**RFU0** : Hauteur de la RFU

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

**Ls** : Capacité du réservoir souterrain

**Ts** : Temps de réponse en cas de trop plein

Figure 2-6 : Structure du module RSVL

## 2.4.3 Paramétrage

La superficie du bassin versant est divisée en deux. Dans un premier temps, il est fixé que 15% de la surface totale génère le ruissellement, tandis que les 85% restants alimentent la nappe alluviale.

### a) Module SCS

Le calcul du Curve Number (CN), tel que proposé par le Soil Conservation Service, est effectué sur chaque bassin versant élémentaire. Celui-ci tient compte de la pédologie et de l'occupation des sols. Il permet de caractériser la capacité d'un bassin versant à ruisseler. Plus le Curve Number est élevé, plus le sol ruisselle.

A partir du Curve Number est déduit le stockage potentiel du sol ou la hauteur de la couche de sol intermédiaire  $J_0$  du module SCS. Le stockage total du sol  $J_{tot}$  est défini comme la somme de la hauteur de la couche de sol intermédiaire  $J_0$  et de la réserve facilement utilisable RFU.

Le temps de réponse au ruissellement  $K$  du module SCS est défini comme 80% du temps de concentration. Ce dernier est estimé à partir des formules usuelles (Passini, Ventura, Giandotti, Kiprich, Johnstone & Cross et Bransby), de la même façon que pour l'estimation des débits caractéristiques des bassins versants de la Canche et de ses affluents. En fonction des caractéristiques de chaque bassin versant (superficie, pente moyenne, longueur,...), le temps de réponse au ruissellement varie de 1,5 à 10 heures selon les sous-bassins versants.



Les autres paramètres des modules SCS et RSVL sont fixés par défaut et seront ajustés lors du calage des modèles hydrologique et hydraulique.



## 3 Modélisation hydraulique

La modélisation hydraulique de la Canche et de ses affluents est effectuée avec le logiciel HydraRiv. Les linéaires modélisés ainsi que le type de représentation retenu sont ajustés à partir des données collectées lors de la phase de diagnostic initial.

### 3.1 Présentation du logiciel HydraRiv utilisé

HYDRARIV est un progiciel de modélisation hydrologique et hydraulique des espaces fluviaux. Il est conçu pour intégrer dans un même modèle des schémas de représentation contrastés, tels que la schématisation filaire, les casiers et les maillages bi dimensionnels. Cette souplesse permet d'adapter au mieux la modélisation à la spécificité des configurations rencontrées dans le domaine fluvial et aux objectifs de modélisation poursuivis.

HYDRARIV est une application totalement autonome, gérant à la fois la génération et l'édition des modèles via une interface graphique dédiée, le pilotage des calculs et l'exploitation des résultats.

Le noyau de calcul est constitué par le logiciel HYDRA, développé et exploité par Hydratec depuis plus de 30 ans.

Toutes les informations sur le logiciel HYDRARIV sont accessibles sur le site internet : <http://www.hydratec-software.com/>.

### 3.2 Présentation des modélisations mises en œuvre

Deux types de modélisation hydraulique sont mis en œuvre :

- une modélisation hydraulique détaillée, là où les enjeux soumis aux risques de débordement sont les plus nombreux : sur la Canche moyenne et aval, la Planquette, l'aval de la Course, la Dordonne et l'Huitrepin (d'après les informations recueillies au cours du volet 1 de l'étude) ;
- une modélisation hydraulique dite « de propagation » :
  - là où les enjeux touchés par les débordements sont peu nombreux : l'aval de la Créquoise, l'aval du Bras de Brosne et les Tringues ;
  - sur les parties aval de la Ternoise et de la Canche amont, par anticipation sur d'éventuels besoins ultérieurs (modélisation d'aménagements par exemple) et pour une meilleure compréhension hydraulique du secteur de la confluence (dont horloge des crues).

La différence entre ces deux méthodes de modélisation réside dans le fait que les ouvrages jalonnant les cours d'eau (ponts, seuils...) sont intégrés à la modélisation détaillée, mais pas à la modélisation hydraulique de propagation. Par conséquent, la modélisation hydraulique détaillée permet de distinguer les hauteurs d'eau en amont et en aval des ouvrages. Dans le cas d'une modélisation de propagation, c'est une ligne d'eau moyenne qui est calculée (pas de perte de charge locale).

L'étendue de ces deux types de modélisation est présentée sur la figure ci-après.

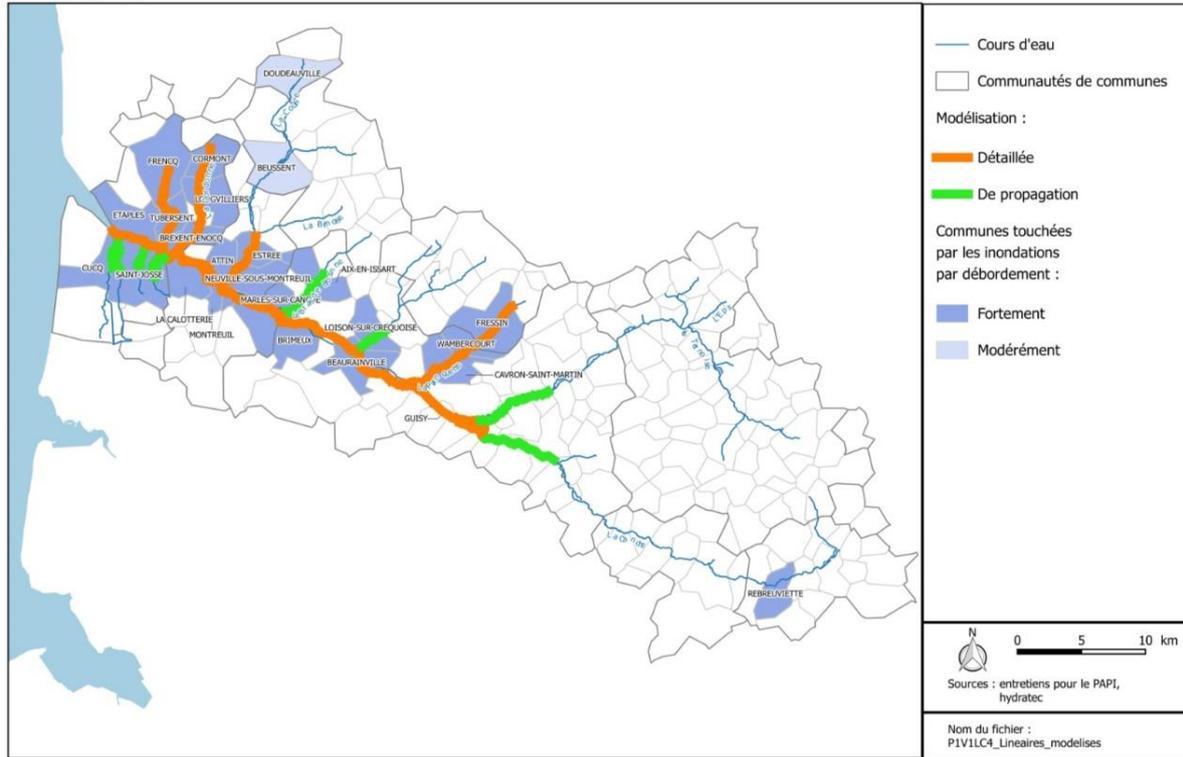


Figure 3-1 : Etendue proposée pour la modélisation de vallée

Par ailleurs, le modèle s’étend en aval de la zone d’étude, le long de la digue de l’aéroport afin de modéliser les débordements par-dessus cette digue ou d’éventuelles ruptures de cet ouvrage.

### 3.3 Structure du modèle

#### 3.3.1 Lit mineur

Les lits mineurs des cours d’eau présentés ci-dessous sont représentés par des biefs filaires, définis par des profils en travers.

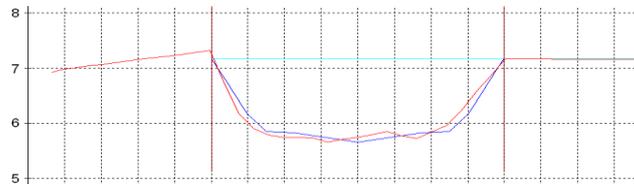


Figure 3-2 - Exemple de profil en travers de lit mineur

L'ensemble de ces linéaires est structuré en 40 branches filaires reprises dans le tableau ci-après :

Cours d'eau	Linéaire modélisé (km)	Numéros de branches associées
Canche	55,6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Grande Tringue	3,6	975
Tringue de Molinel	3,2	971
Tringue des Epinettes	2,3	972
Ternoise	16,0	20
Planquette	12,3	30, 31
Créquoise	3,8	40
Bras de Brosne	5,7	50
Course	7,9	60
Dordonne	10,2	70, 71
Huitrepin	8,0	80
Bras parallèles :		
- A la Canche	34,1	910, 920, 930, 931, 940, 950, 951, 952, 954, 956, 960, 961, 962, 964, 966
- A la Ternoise	3,4	21, 22
- A la Course	3,7	62, 64
- A la Grande Tringue	2	973, 975
<b>TOTAL</b>	<b>172</b>	

Tableau 3-1 : Longueurs et numéros de branches associées aux différents biefs modélisés

### 3.3.2 Lit majeur

Le lit majeur est quant à lui schématisé par :

- Une modélisation mono-dimensionnelle lorsque le lit majeur ne présente pas de dépression topographique. Dans ce cas, l'écoulement est caractérisé par une direction privilégiée, suivant son axe longitudinal. Le lit majeur est représenté avec des profils en travers.

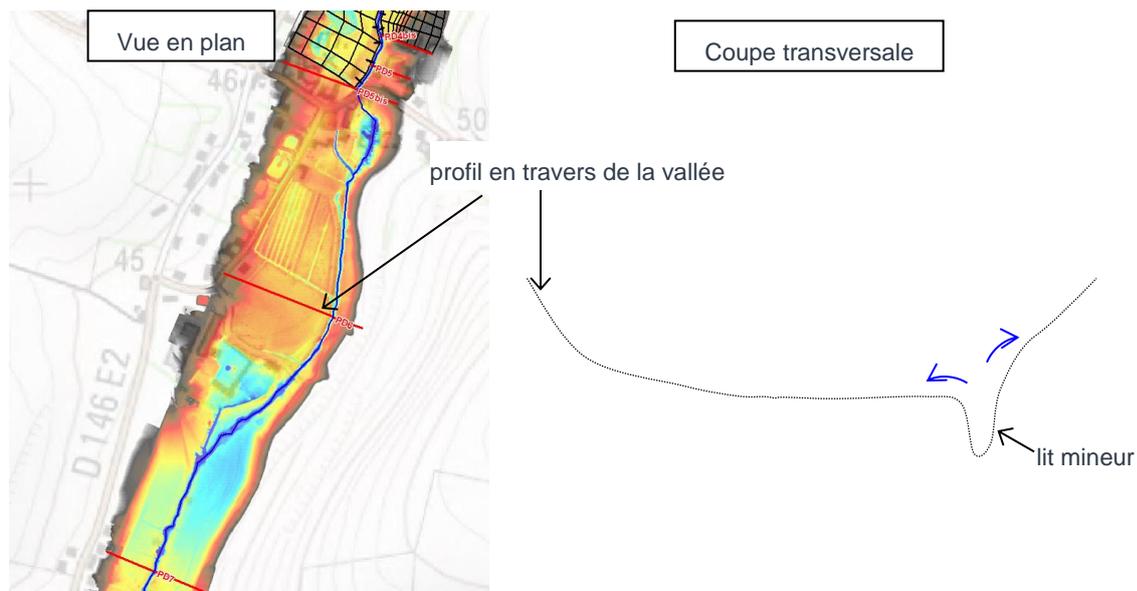


Figure 3-3 : Modélisation du lit majeur avec des profils en travers



- Une modélisation 2D pour les zones de dépression topographique dans les zones d'écoulement fortement bi-dimensionnel. Ces zones sont décrites par une topographie détaillée qui permet de restituer notamment la carte des vitesses locales. Les pavés sont définis par une cote moyenne de fond et une surface. La taille des mailles est ajustée pour que l'écart de cote du terrain naturel entre deux pavés n'excède pas 20 cm.

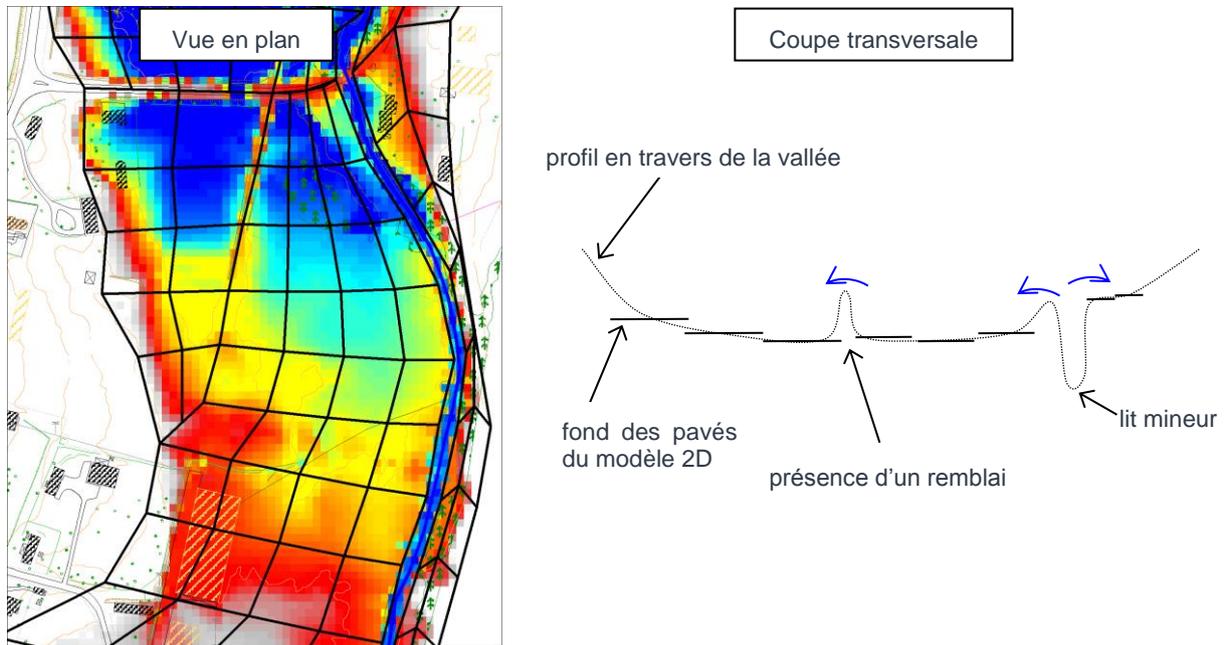


Figure 3-4 : - Modélisation du lit majeur avec des pavés

- Une modélisation en casiers dans les zones d'accumulation dans le lit majeur où la vitesse moyenne est faible. Leurs contours s'appuient sur la topographie naturelle ou sur des obstacles artificiels à l'écoulement des eaux (remblais, digues).
- Afin d'appréhender au mieux la dynamique des écoulements dans les zones urbaines denses, une modélisation 2D dédiée est mise en place (modélisation ZUI dans HydraRiv). Il s'agit d'un concept développé pour représenter certains milieux urbains dont les rues forment des axes d'écoulement privilégiés, bordés d'îlots. Ces derniers schématisent les blocs d'immeubles ou de maisons comme des obstacles dont le remplissage dépend de leur ouverture sur la rue. Ce type de modélisation est adopté pour simuler l'écoulement des crues dans Hesdin. La figure ci-dessous illustre la structure du modèle dans la ville.

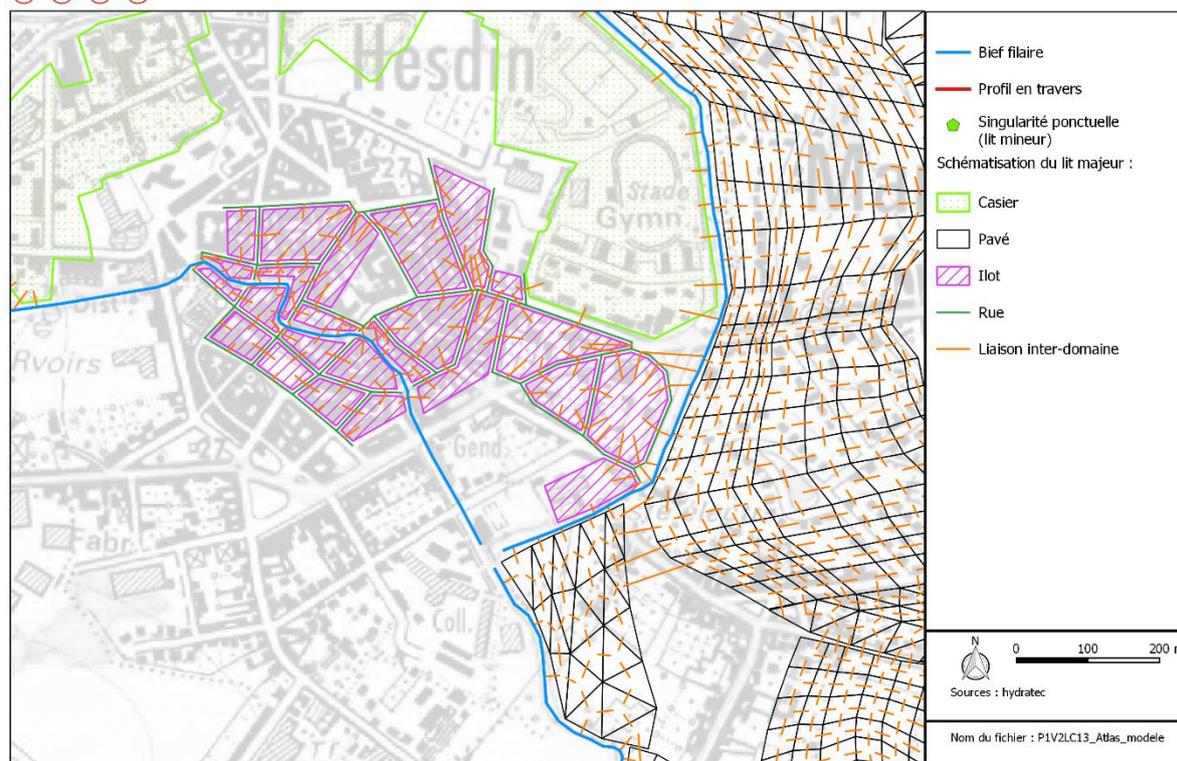


Figure 3-5 : Modélisation ZUI dans le centre-ville d'Hesdin

Tous les domaines utilisés (filaires, casiers, pavés 2D, zones urbaines) sont reliés entre eux par des liaisons dont les différents types traduisent les différentes natures de connexions existantes (frottement sur le sol, buses, déversoir...etc.).

### 3.3.3 Singularités

Toutes les singularités hydrauliques connues présentes dans les vallées (ponts, seuils, vannages...etc.) sont intégrées à la modélisation « détaillée » sous forme d'une perte de charge appropriée. Il peut notamment s'agir de :

- un point d'apport hydrologique,
- un pont créant une perte de charge,
- un seuil frontal,
- un vannage,
- un ouvrage de dérivation,
- un pompage...etc.

En particulier les ouvrages de décharge sous les infrastructures de transport en remblai sont schématisés.

### 3.3.4 Conditions aux limites

#### a) Limite amont

En amont de chaque bief, sont injectés les hydrogrammes générés par les ruissellements en tête des bassins versants (issus du modèle pluie-débits).



### **b) Limite aval**

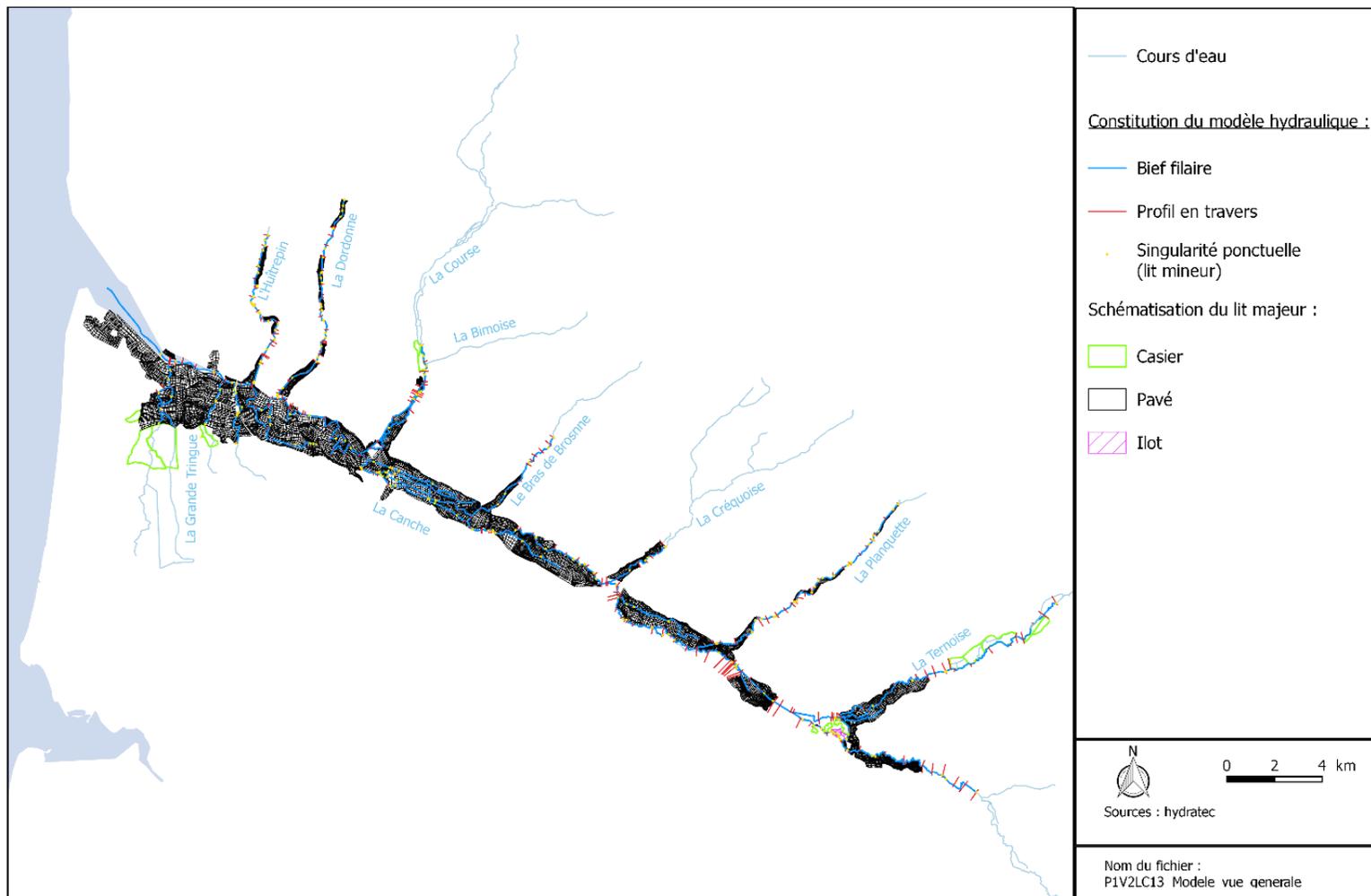
La condition limite aval est un marégramme au Touquet. Celui-ci est repris, pour les crues de décembre 1999 et décembre 2012 des simulations effectuées par le SHOM. Pour la crue de février 2002, pour laquelle il n'a pas été simulé, il s'agit d'une extrapolation du marégramme mesuré à Boulogne-sur-Mer.

### **3.3.5 Synthèse**

Le modèle hydraulique présente la structure suivante :



# Modèle hydraulique de la Canche et de ses affluents



Conception et réalisation : Symcésa, DDTM 62, hydratec ©, ASCOMIT Consultants © - Copies et reproductions interdites

Figure 3-6 – Structure générale du modèle hydraulique

20/03/2016 - Version n° 1

HYDRATEC / **Partie 1 - Volet 2 - LCOM 13**

**Elaboration du PAPI complet et du PPRI de la Canche 25**

Il compte 172 km de biefs filaires dont la topographie est prise en compte grâce à 363 profils en travers. Sur ces biefs sont disposées près de 230 singularités.

Plus de 21 000 pavés et 14 casiers permettent de mailler 55 km<sup>2</sup> de vallées.

L'atlas présenté en annexe 1 permet de visualiser l'ensemble des éléments du modèle hydraulique.

### 3.4 Topographie prise en compte

Les données topographiques ayant servi à schématiser le lit mineur et la vallée sont issues :

- Des levés de profils en travers (PT) et d'ouvrages effectués pour les études antérieures :

Cours d'eau	Etendue	Date	MO	Détail
Canche	aval Brimeux / Estuaire	2015	DREAL	54 PT, 24 ponts, 1 moulin
Dordonne	centre Cormont / confluence	2013	CCMTO	23 PT, 18 ponts, 1 seuil
Huitrepin	aval Frencq / confluence			18 PT, 29 ponts, 1 barrage

Tableau 3-2 : Levés topographiques de lit mineur existants

- Des profils et ouvrages levés pour la présente étude lors des deux campagnes en avril et en octobre 2016.

Cours d'eau	Etendue	Date	MO	Détail
Canche	aval Wail / confluence Ternoise + affluents rive gauche aval Brimeux	2016	DDTM62	20 + 29 PT 17 ponts 3 seuils 40 ouvrages de décharge en basse vallée
Course	Aval Recques-sur- Course / confluence Canche			23 PT, 2 ponts, 7 seuils
Bras de Brosne	Aval Sempy / confluence Canche			11 PT
Créquoise	Amont Loison-sur- Créquoise / confluence Canche			7 PT
Planquette	amont Fressin / confluence Canche			21 PT, 13 ponts, 6 seuils
Ternoise	Auchy-lès-Hesdin / confluence Canche			19 PT

Tableau 3-3 : Levés topographiques des campagnes 1 et 2

Les données topographiques à disposition pour la construction du modèle sont donc actuelles et permettent de transcrire correctement les caractéristiques topographiques de la vallée et des ouvrages hydrauliques (seuils) et de franchissement (ponts).

Le lit majeur est quant à lui schématisé à partir des données topographiques LIDAR fournies par la DDTM62. Le levé, réalisé en 2015, est maillé au pas d'un point tous les 43 cm.

## 4 Calage des modèles

### 4.1 Crues de calage

Sur la base de l'analyse typologique des crues historiques, présentée dans le livrable LCOM13 : Analyse hydrologique des crues historiques, les crues de calage retenues sont les suivantes :

- décembre 1999,
- février 2002,
- décembre 2012.

Le tableau qui suit indique les dates de début et de fin des périodes préparatoire et intense pour chacun de ces trois événements.

	Période préparatoire		Période intense	
	Début	Fin	Début	Fin
Décembre 1999	1 <sup>er</sup> septembre 1999 à 7h	21 décembre 1999 à 7h	21 décembre 1999 à 7h	3 janvier 2001 à 7h
Février 2002	1 <sup>er</sup> septembre 2001 à 7h	21 février 2002 à 7h	21 février 2002 à 7h	5 mars 2002 à 7h
Décembre 2012	1 <sup>er</sup> septembre 2012 à 7h	19 décembre 2012 à 7h	19 décembre 2012 à 7h	9 janvier 2013 à 7h

Tableau 4-1 : Début et fin des périodes intense et préparatoires pour les crues de calage

Pour chacune des crues, la période préparatoire est simulée sur le modèle pluie-débits avec un pas de temps de calcul journalier. La période intense est quant à elle simulée sur le modèle pluie-débits au pas de temps horaire et sur le modèle hydraulique avec un pas de temps variable, de l'ordre de la minute.

### 4.2 Prise en compte des ouvrages de rétention des bassins versants

Les dates de création des ouvrages de rétention des bassins versants sont inconnues. D'après le Symcéa, ces bassins ont pour la majorité été construits récemment. Ainsi, ils ne sont pas pris en compte dans les simulations effectuées pour caler les modèles hydrologique et hydraulique.

### 4.3 Données de calage

Trois types de données sont disponibles pour le calage des modèles. Il s'agit des hydrogrammes et limnigrammes mesurés aux stations hydrométriques, de laisses de crue ponctuelles et de Zones Inondées Connues (ZIC).

#### 4.3.1 Mesures des stations

Seules trois stations ont des données disponibles pour les crues de calage (voir leur localisation sur la carte ci-après).

Les stations DREAL d'Hesdin sur la Ternoise (ouverte en 1969) et de Brimeux sur la Canche (ouverte en janvier 1982) disposent de mesures de débit et de cote pour les trois crues de calage. Les valeurs de pointe n'étant toutefois pas toujours bien enregistrées.

La station de l'Agence de l'Eau Artois-Picardie d'Attin sur la Canche (ouverte en décembre 2011) a mesuré l'évolution de la cote d'eau pour la crue de décembre 2012. Sur la période intense, aucune mesure n'est disponible avant le 22 décembre à 17h45, soit pendant près de trois jours et demi après le début de la période intense.



### 4.3.2 Laisses de crue

La phase de diagnostic initial a permis de relever quatre laisses de crue pour les crues de calage. Leur emplacement ainsi que la crue à laquelle elles se réfèrent sont mentionnés dans le tableau qui suit, elles sont aussi localisées sur la carte ci-après :

Numéro	Emplacement	Crue	Cote
C01c	Moulin Bacon	Décembre 1999	6,01 mNGF
C01d	Moulin Bacon	Décembre 2012	6,12 mNGF
C02	Passerelle d'Attin (tablier coté amont)	Décembre 2012	5,94 mNGF
C03	Passerelle de la Grenouillère	Décembre 2012	5,97 mNGF

*Tableau 4-2 : Laisses de crue répertoriées pour les crues de calage*

Aucune laisse de crue n'a été répertoriée pour la crue de février 2002.

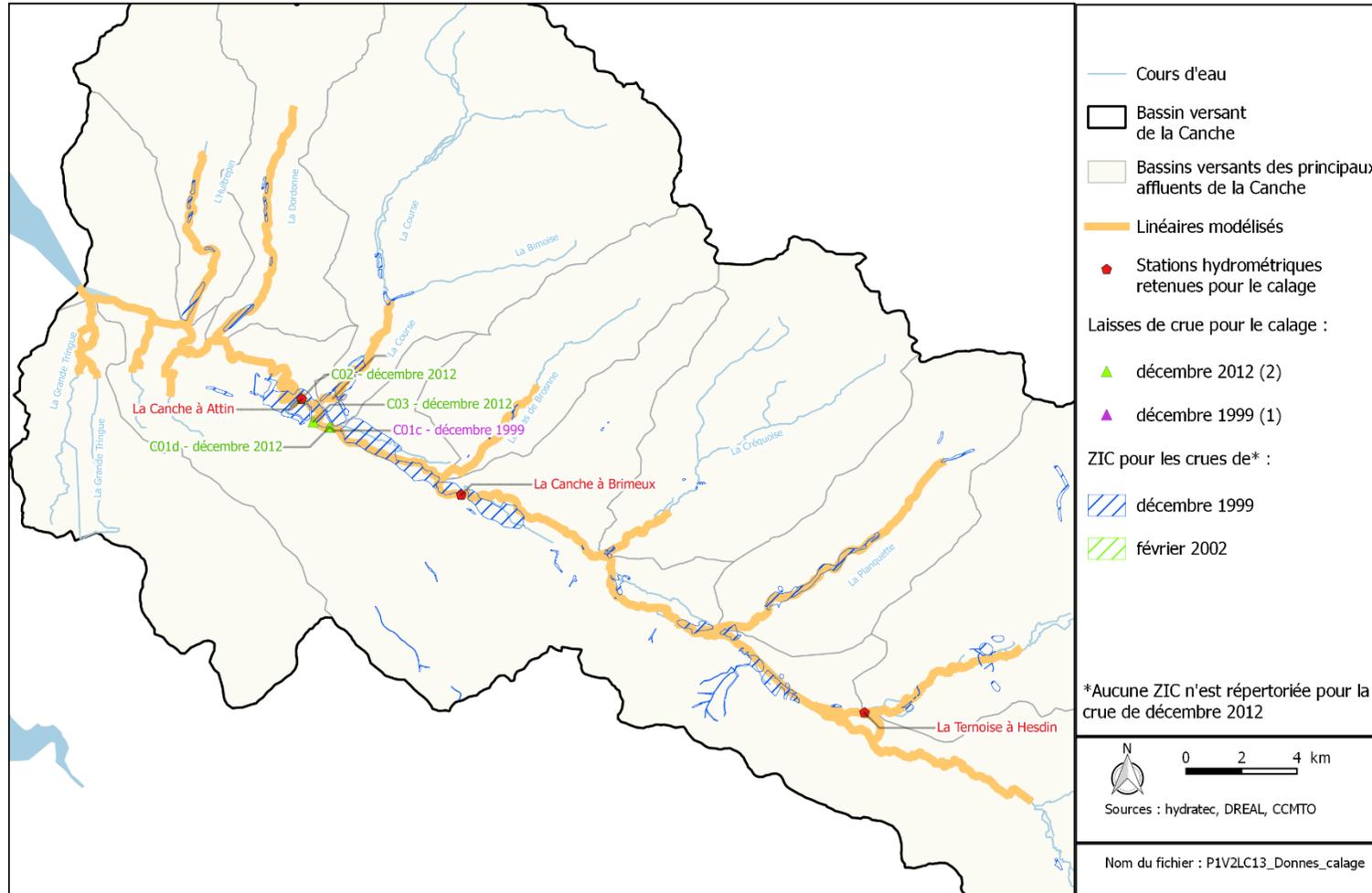
### 4.3.3 Zones Inondées Connues (ZIC)

Les Zones Inondées Connues (ZIC) sont renseignées dans les données SIG fournies par le Symcéa pour les crues de décembre 1999 et février 2002. Aucune ZIC n'est mentionnée pour la crue de décembre 2012.

La carte ci-après positionne l'ensemble des données disponibles pour le calage des modèles hydrologique et hydraulique.



## Données de calage



Conception et réalisation : Symcœa, DOTM 62, Hydratec ©, ASCONIT Consultants © - Copies et reproductions interdites

Figure 4-1 : Position des données disponibles pour le calage

20/03/2016 - Version n° 1

HYDRATEC / **Partie 1 - Volet 2 - LCOM 13**

**Elaboration du PAPI complet et du PPRI de la Canche 29**

## 4.4 Résultats du calage

### 4.4.1 Calages aux stations hydrométriques

#### a) Courbes de tarage

Pour les stations d'Hesdin sur la Ternoise et de Brimeux sur la Canche, les courbes de tarage fournies par la DREAL sont comparées à celles calculées.

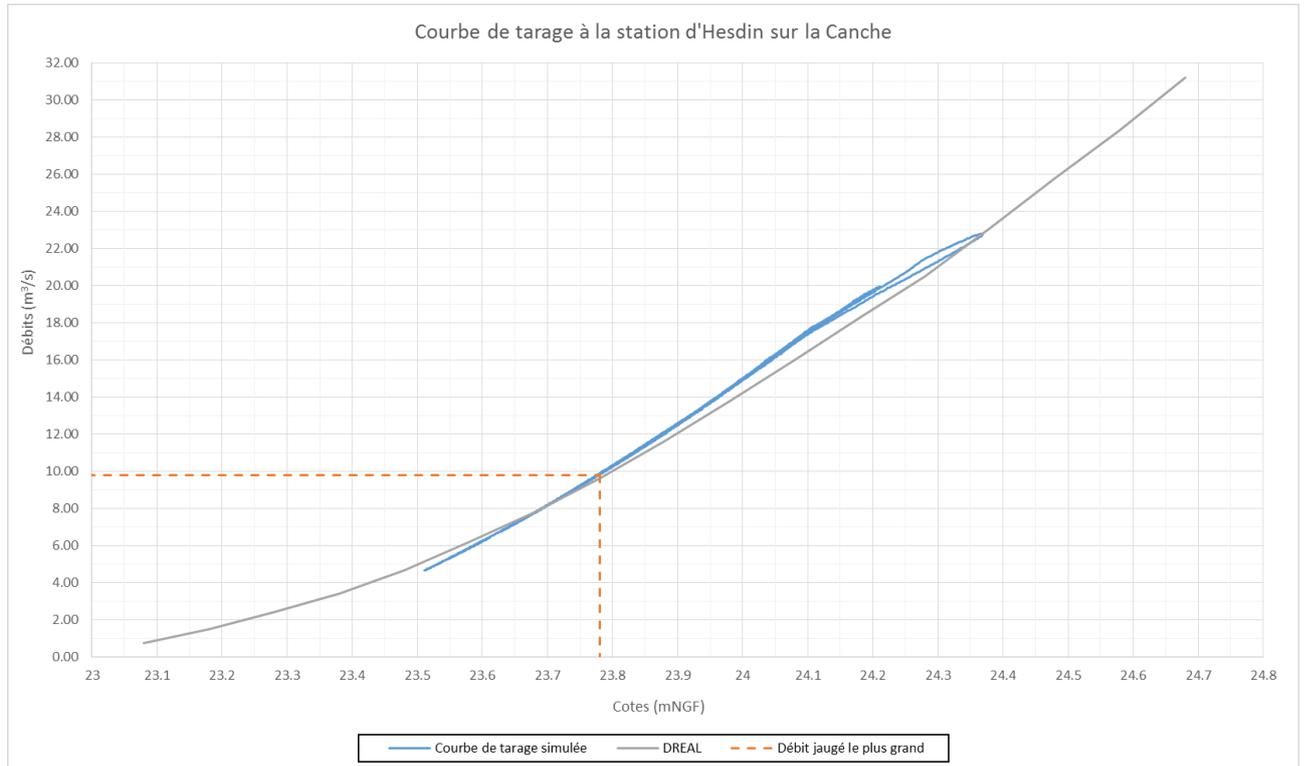


Figure 4-2 : Courbe de tarage de la station d'Hesdin sur la Ternoise

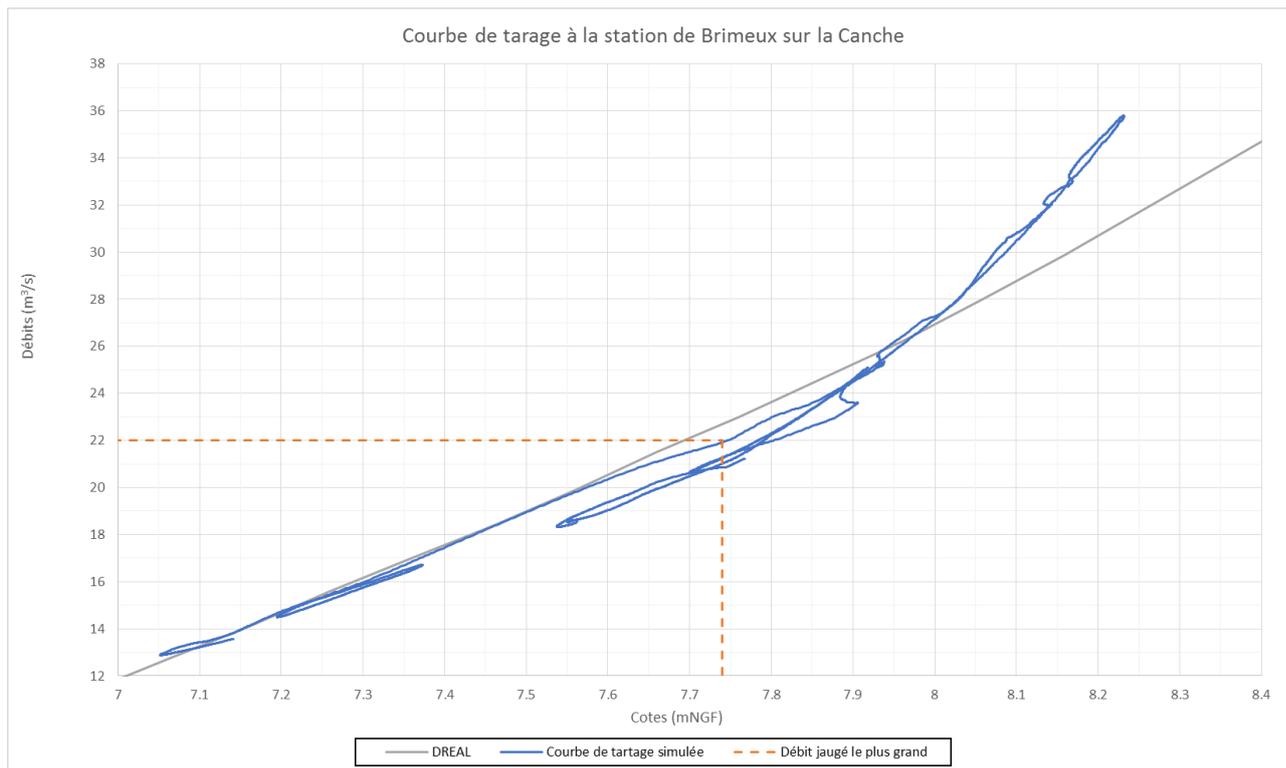


Figure 4-3 : Courbe de tarage de la station de Brimeux sur la Canche

La courbe de tarage calculée à la station d'Hesdin reproduit fidèlement celle de la DREAL sur la plage maximale de débits simulée. Aucun débordement n'a lieu au droit de la station sur la plage de débits simulés.

A Brimeux, il est choisi de faire correspondre la courbe simulée à celle de la DREAL pour les débits inférieurs à 26 m³/s, puisqu'il s'agit de la portion de courbe tracée à partir des jaugeages. A partir de 26 m³/s, la pente moyenne de la courbe simulée augmente puisqu'au-delà de ce débit le lit mineur déborde en amont de la station. Ce débordement n'a probablement pas pu être considéré sur la courbe de tarage de la DREAL puisqu'elle a été construite par extrapolation des jaugeages réalisés pour des débits contenus dans le lit mineur (débit jaugé le plus grand de 22 m³/s).

### b) Hydrogrammes et limnigrammes

Les trois figures ci-après comparent les hydrogrammes et limnigrammes calculés (en bleu) aux stations d'Hesdin sur la Ternoise et de Brimeux sur la Canche avec ceux affichés dans la Banque Hydro (en vert) pour les trois crues de calage.

L'allure des hydrogrammes est bien reproduite, tant en montée de crue qu'en décrue, ainsi que la dynamique de la crue (moment de la montée de crue et survenue du pic de crue).



D99

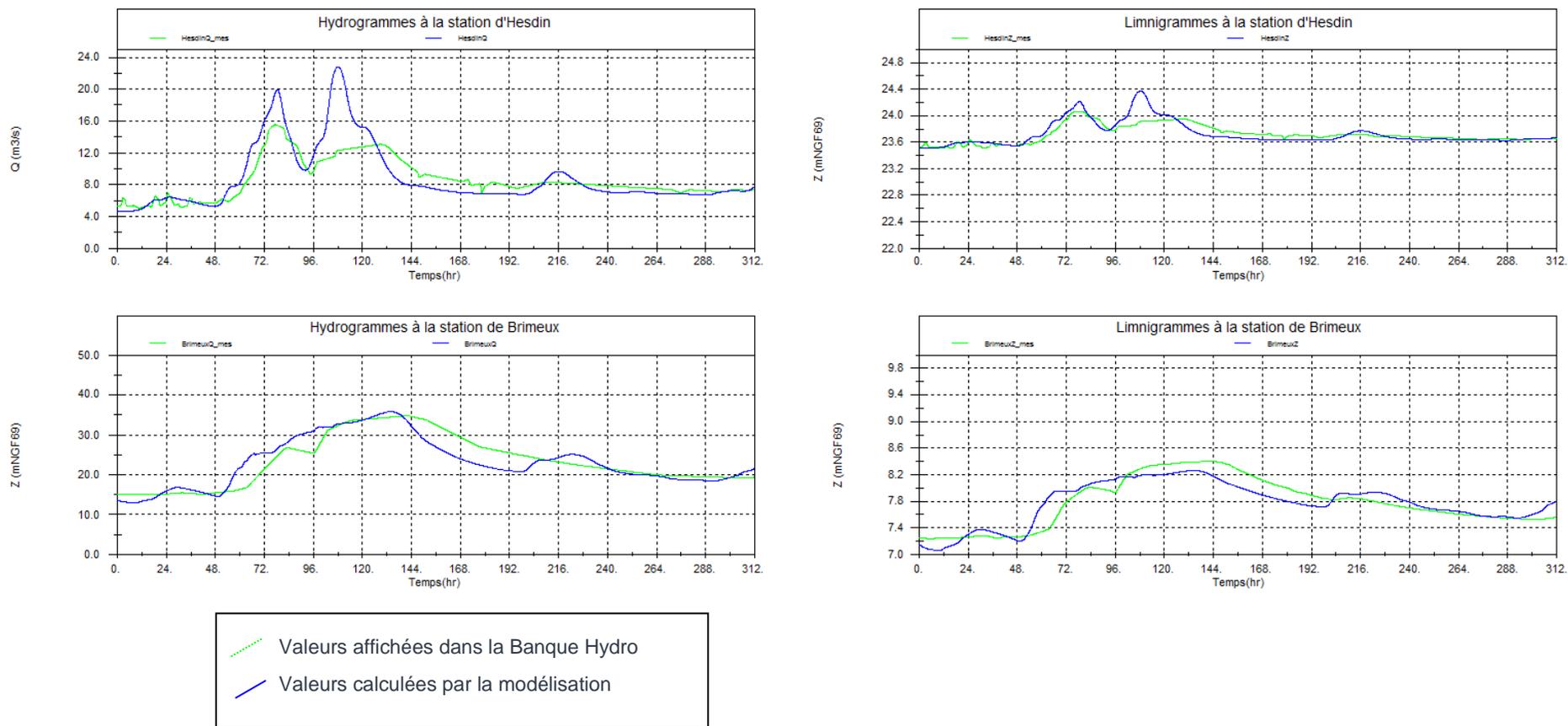


Figure 4-4 : Hydrogrammes et limnigrammes aux stations d'Hesdin et de Brimeux pour la crue de décembre 1999



F02

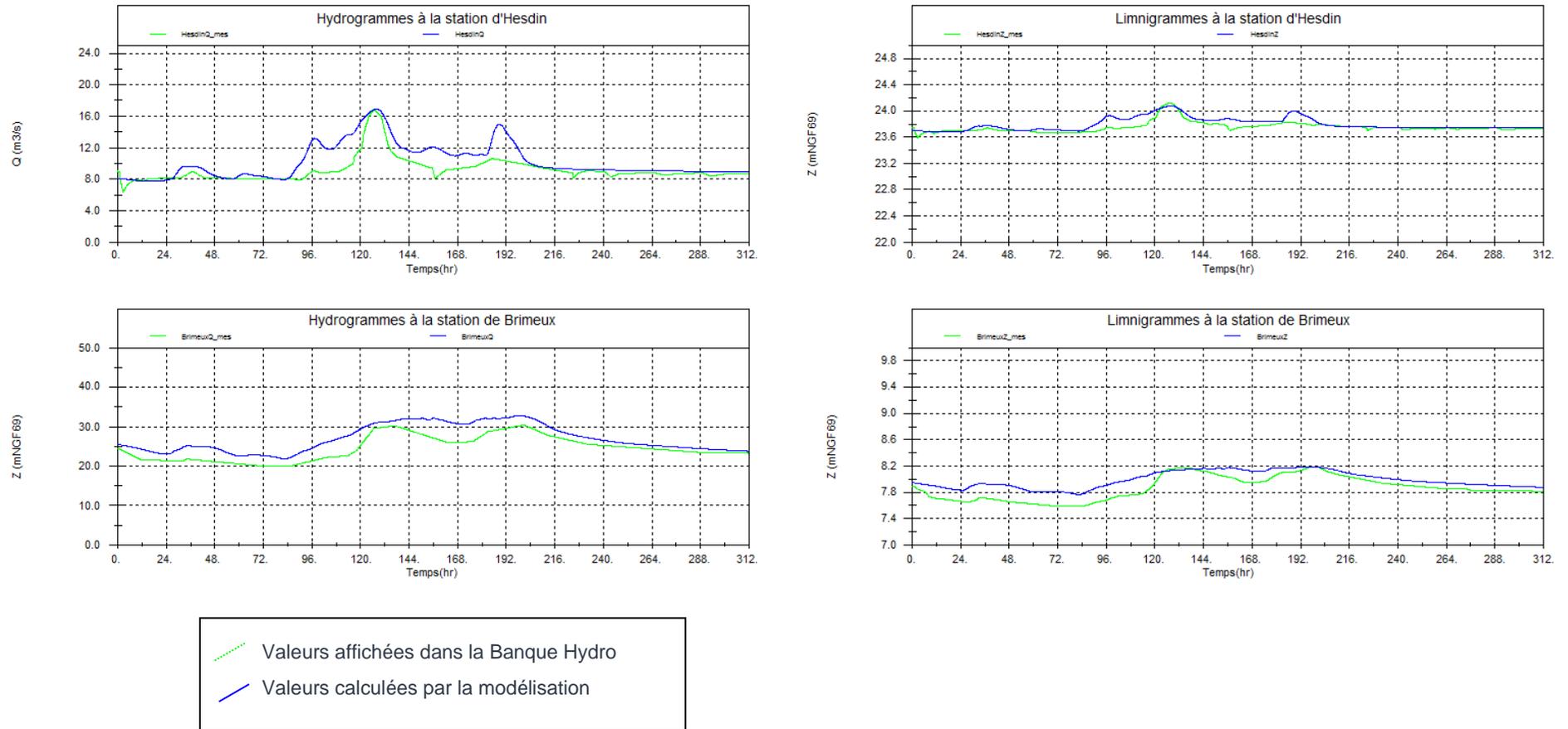


Figure 4-5 : Hydrogrammes et limnigrammes aux stations d'Hesdin et de Brimeux pour la crue de février 2002



D12

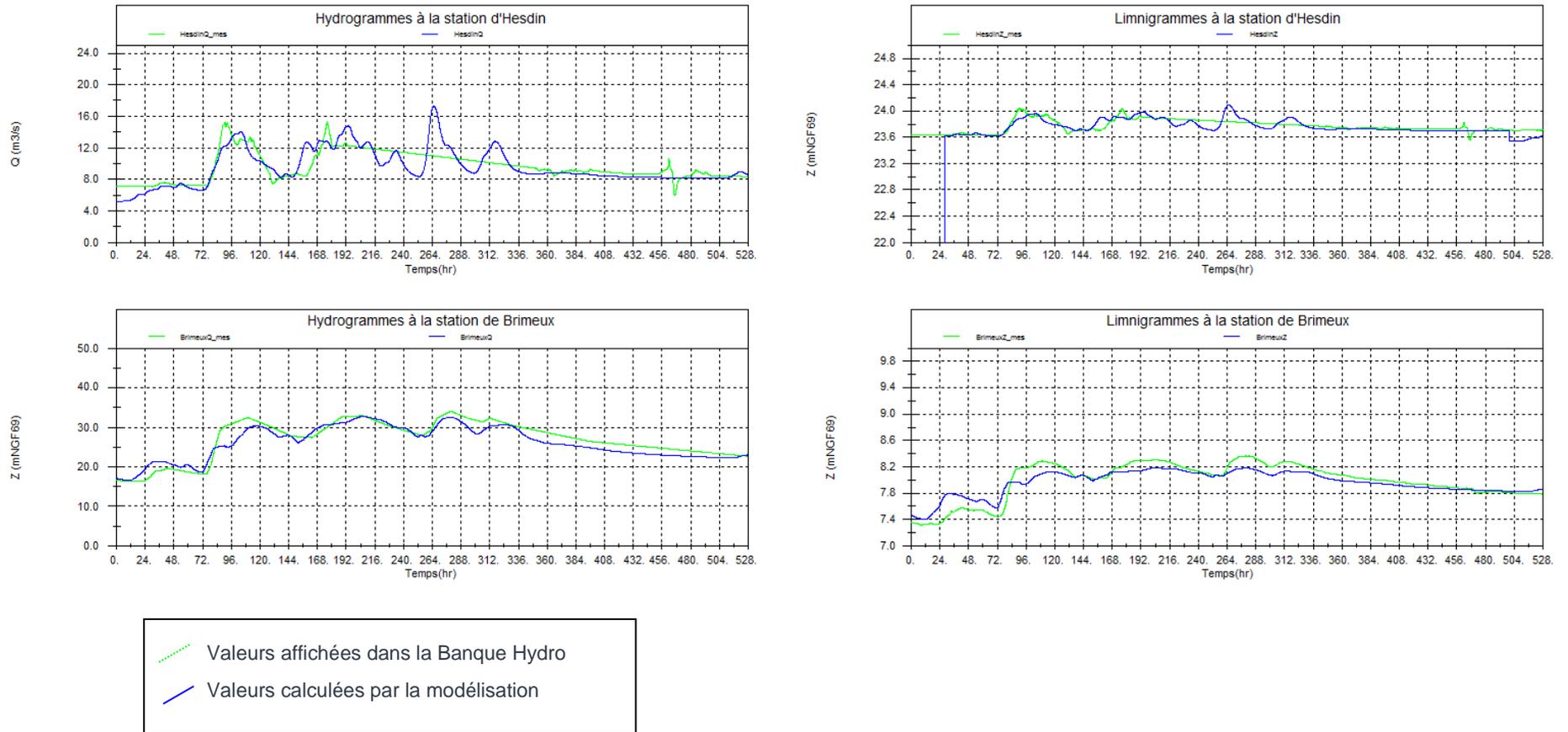


Figure 4-6 : Hydrogrammes et limnigrammes aux stations d'Hesdin et de Brimeux pour la crue de décembre 2012

A noter que les mesures de débit à la station d'Hesdin présentent des lacunes, notamment pour les crues de décembre 1999 et décembre 2012. Ces données manquantes, ne permettent pas d'appréhender correctement les pics de crue pour ces deux épisodes. En décembre 1999, cela est nettement visible sur le second pic de crue où seule une mesure de débit est disponible pour les journées du 30 et du 31 décembre et aucune le 1<sup>er</sup> janvier. En comparant l'hydrogramme simulé à celui mesuré, il apparaît clairement que la mesure ne transcrit pas le débit maximal du second pic de crue de cet épisode. Le premier pic de crue, ayant eu lieu le 27 décembre 1999, semble aussi légèrement sous-estimé avec le débit mesuré. En effet, aucune mesure n'a été effectuée entre le 26 décembre à 18 h45 et le 27 décembre à 16 h. Pour l'événement de décembre 2012, on note une l'absence de données entre le 27 décembre 2012 et le 2 janvier 2013.

Les cotes maximales simulées à Brimeux sont globalement inférieures à celles mesurées. Cela s'explique par les débits Banque Hydro probablement sous-estimés à partir de 25 m<sup>3</sup>/s en raison des débordements en lit majeur.

Le tableau qui suit permet de comparer le débit maximal et le volume mesurés et calculés au droit des deux stations pour la crue de février 2002 ; seul événement ne présentant a priori pas de lacune majeure dans la fréquence des mesures.

		Station d'Hesdin	Station de Brimeux
Débit (m <sup>3</sup> /s)	Mesuré	17	31
	Calculé	17	33
	Ecart	< 1%	7%
Volume (m <sup>3</sup> )	Mesuré	2854	7633
	Calculé	3192	8383
	Ecart	12%	10%

Tableau 4-3 : Débit maximal et volume aux stations d'Hesdin sur la Ternoise et de Brimeux sur la Canche

Les débits de pointe sont reproduits à 0,5% à Hesdin et à 7% près à Brimeux près, ce qui est très satisfaisant. L'écart plus important à Brimeux s'explique par un bassin versant intercepté plus étendu, donc des incertitudes sur les apports plus importantes.

Les volumes sont reproduits à 12% près à Hesdin et 10% près à Brimeux, ce qui est correct. Une attention particulière a été portée à ne pas sous-estimer le volume de crue afin de se placer dans un contexte sécuritaire et de ne pas surestimer l'efficacité des éventuels ouvrages projetés dans la suite de l'étude.

En complément, une comparaison entre les cotes mesurées et calculées est effectuée à la station de l'Agence de l'Eau à Attin pour la crue de décembre 2012. Il s'agit de la seule des trois crues simulées à avoir été mesurée à cette station qui a ouvert en 2011. La figure suivante présente les limnigrammes calculés et mesurés pour cette crue.

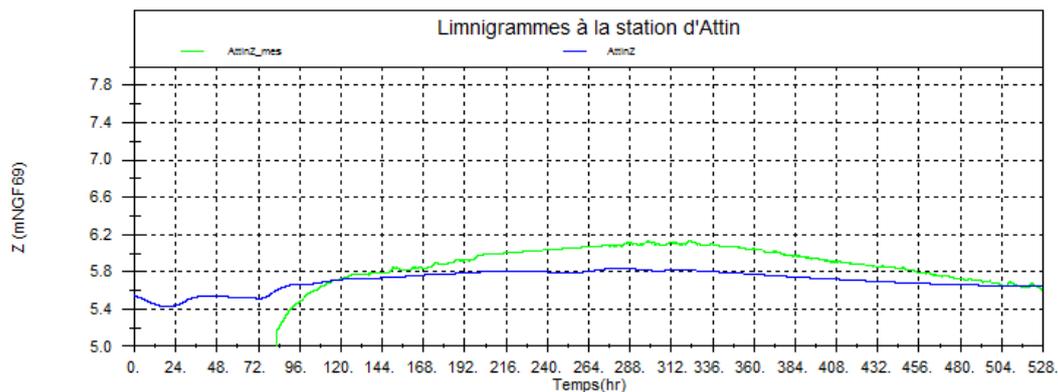


Figure 4-7 : Hydrogrammes et limnigrammes à la station d'Attin pour la crue de décembre 2012

On observe une différence de 27 cm au pic de crue entre les cotes simulées et mesurées ainsi qu'une élévation rapide du niveau d'eau sur la série de mesures. Selon l'Agence de l'Eau la fiabilité des mesures est à prendre avec prudence du fait de l'absence d'un protocole d'étalonnage strict et d'un système de mesure vieillissant illustré par la montée peu naturelle du limnigramme mesuré entre les temps 80 et 100h). On rappelle par ailleurs que pour cette crue, la condition limite aval de niveau marin du modèle est établie par le SHOM.

#### 4.4.2 Calage par rapport aux laisses de crue

Le tableau ci-après permet de comparer les cotes d'eau simulées avec celles mesurées en chaque laisse de crue disponible.

N°	Crue	Cote mesurée (mNGF)	Cote calculée (mNGF)	$\Delta Z$ (m)
C01c	Décembre 1999	6.01	5.98	-0.03
C01d	Décembre 2012	6.12	6.06	-0.06
C02	Décembre 2012	5.94	5.90	-0.05
C03	Décembre 2013	5.97	5.99	0.02

Tableau 4-4 : Cotes mesurées et calculées au droit des laisses de crue

Les écarts entre mesure et calcul sont de l'ordre de 5 cm ce qui est tout à fait convenable.

#### 4.4.3 Calage par rapport aux ZIC

L'extension de la zone inondée calculée avec le modèle hydraulique est comparée à celle des ZIC.

- A venir -

### 4.5 Paramétrage retenu – enseignements du calage

Les résultats présentés ci-avant sont obtenus avec un jeu de paramètres décrit dans les paragraphes qui suivent.

#### 4.5.1 Aptitude du sol à ruisseler

L'épaisseur totale du sol est répartie entre 20% de RFU et 80 % de hauteur d'interception potentielle du sol ( $J_0$ ).

$J_0$  vaut entre 80 et 170 mm selon les sites.

La carte qui suit présente les valeurs retenues à l'issue du calage pour le stockage total  $J_{tot}$  ( $RFU + J_0$ ) :

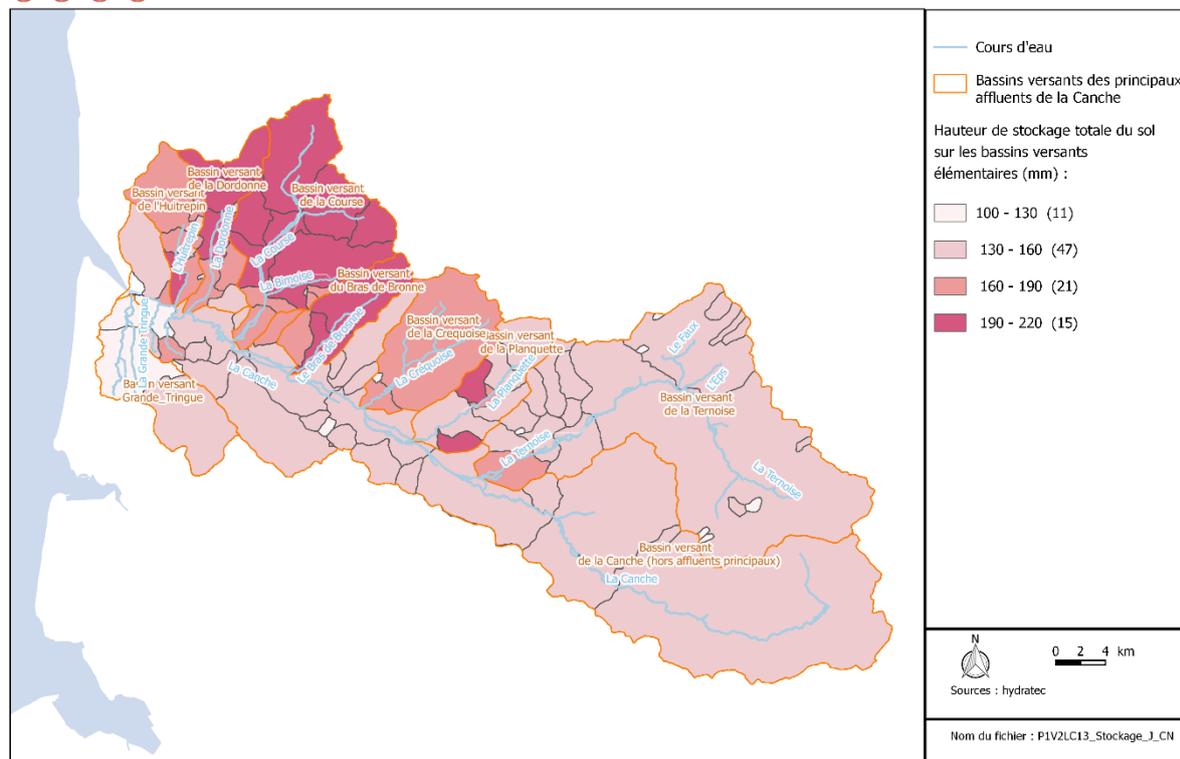


Figure 4-8 : Stockages totaux des bassins versants élémentaires retenus pour le calage

Les hauteurs de sol varient globalement entre 100 et 200 mm.

On constate que les sols des bassins versants du Bras de Brosne, de la Course et de la Dordonne ont une plus forte capacité naturelle à stocker l'eau. Cela s'explique en partie par une part plus importante de prairies que sur les autres bassins versants des affluents de la Canche. A contrario, les bassins versants les plus à l'aval, notamment le long de la Grande Tringue ont une capacité de stockage plus faible. Cela provient majoritairement de leur géologie qui les rend plus imperméables.

#### 4.5.2 Conditions initiales des sols

Pour les 3 crues, la RFU est saturée en début d'épisode. Cela est couramment le cas pour les crues d'hiver et de printemps à période préparatoire pluvieuse.

En début de crue, l'épaisseur de sol  $J_0$  est quant à elle remplie à 55% pour chacun des trois épisodes, ce qui confirme la survenue de pluies longues saturant les sols pendant la période préparatoire.

#### 4.5.3 Infiltration vers la nappe

Le calage hydrologique montre que seule une petite proportion de la pluie (15%) s'écoule par ruissellement direct. Le reste (85 %) participe à une réponse hydrologique beaucoup plus lente de type respiration de nappe alluviale. Le calage a montré qu'aucune perte vers la nappe profonde n'est à prendre en compte.

#### 4.5.4 Routages des hydrogrammes calculés

Les paramètres des routages sont :

- La longueur du thalweg
- La célérité moyenne de l'onde de crue : 2 m/s.



#### 4.5.5 Paramètres hydrauliques de vallée – coefficients de Strickler

Les coefficients de Strickler adoptés en vallée sont de :

- Pour le lit mineur :
  - 20 en amont d'Hesdin et sur tous les affluents de la Canche,
  - 22 entre l'aval d'Hesdin et Beaurainville,
  - 25 de Beaurainville jusqu'à la confluence avec la Manche.
- Pour le lit majeur :
  - 10 en zone rurale,
  - 4 dans les zones de marais fortement boisées entre Marles-sur-Canche et la Calotterie.

Il s'agit de valeurs moyennes couramment admises pour ce type de vallée.

#### 4.6 Conclusion

Le calage est satisfaisant dans la mesure où la modélisation reproduit fidèlement la dynamique de crue des débits et cotes aux stations hydrométriques ainsi que la cote d'eau atteinte au droit des laisses de crues.

Faute de données historiques, le calage est essentiellement effectué sur la Canche et la Ternoise (aucune donnée disponible sur les petits affluents).

Le calage permet de pallier aux lacunes de mesures, par exemple pour représenter les pics de crue à la station d'Hesdin sur la Ternoise.

Par ailleurs, la modélisation permet de redresser la courbe de tarage pour les forts débits non jaugés, et ainsi rendre compte de la cassure naturelle de la courbe lors des débordements.



## 5 Tests de sensibilité

### 5.1 Au coefficient de Strickler

A venir

### 5.2 A la condition limite aval

A venir



# ANNEXE n°1

Atlas du modèle hydraulique de la Canche

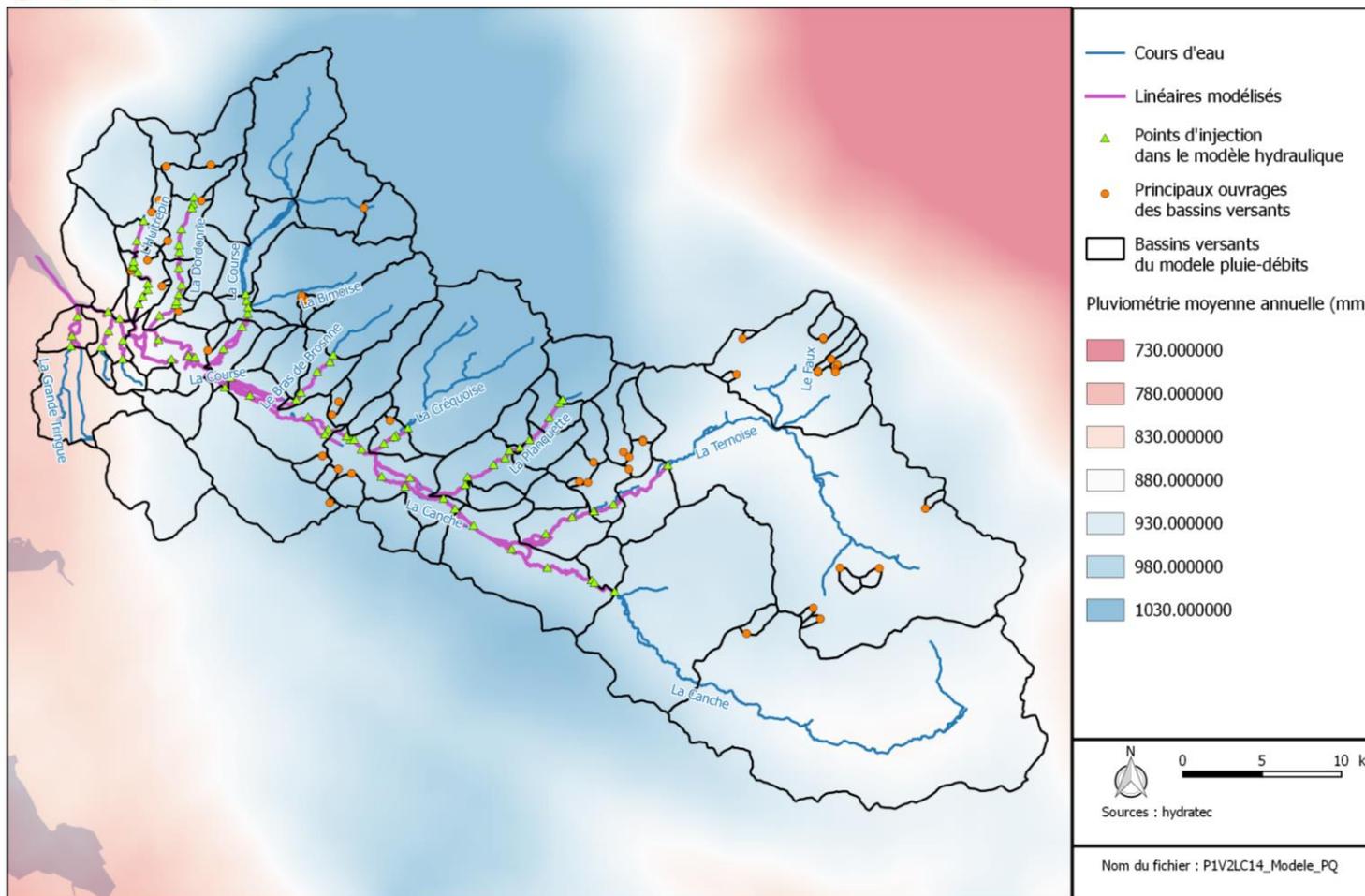


# ANNEXE n°2

Analyse cartographique sur les sous bassins versants  
élémentaires



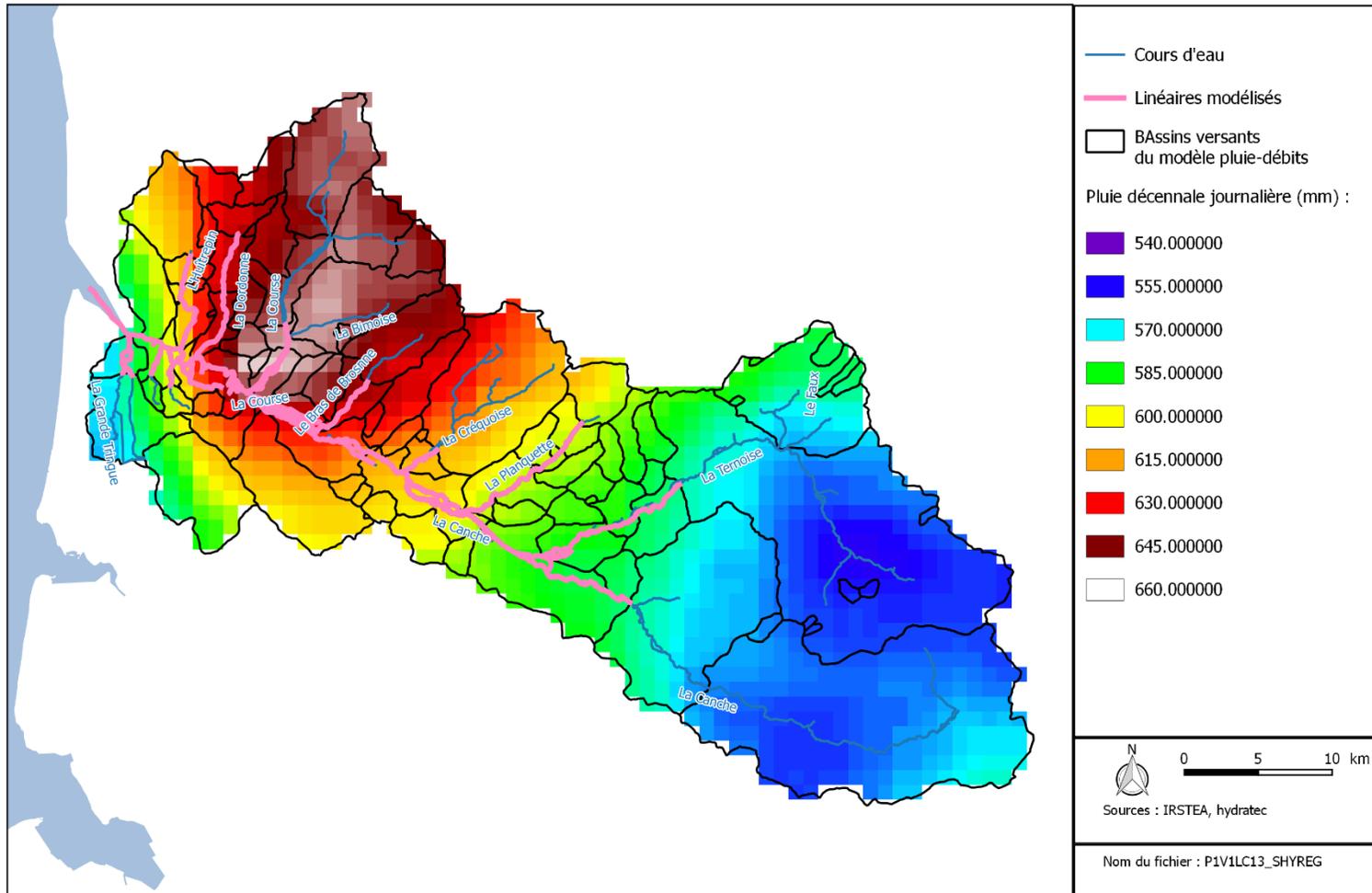
## Bassins versants du modèle pluie-débits



Conception et réalisation : Symc3a, DOTM G2, hydratec ; ASCONIT Consultants ; - Copies et reproductions interdites

Figure 1 : Pluviométrie annuelle moyenne des bassins versants élémentaires

Pluviométrie journalière décennale  
selon la méthode SHYREG



Conception et réalisation : Symcéa, DDTM 62, Hydratec ©, ASCONIT Consultants © - Copies et reproductions interdites

Figure 2 : Pluviométrie journalière décennale selon SHYREG des bassins versants élémentaires

Pluviométrie journalière centennale  
selon la méthode SHYREG

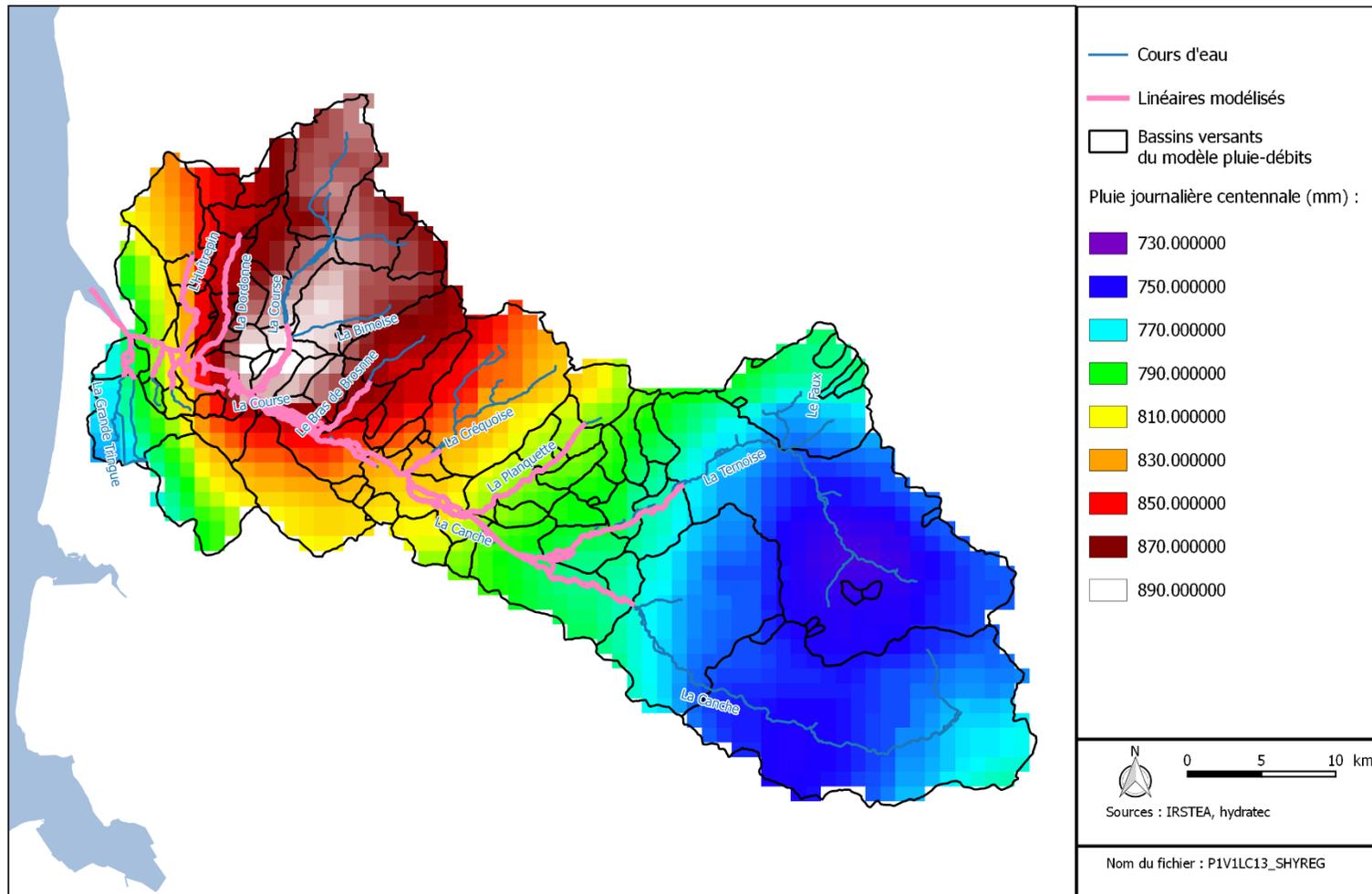
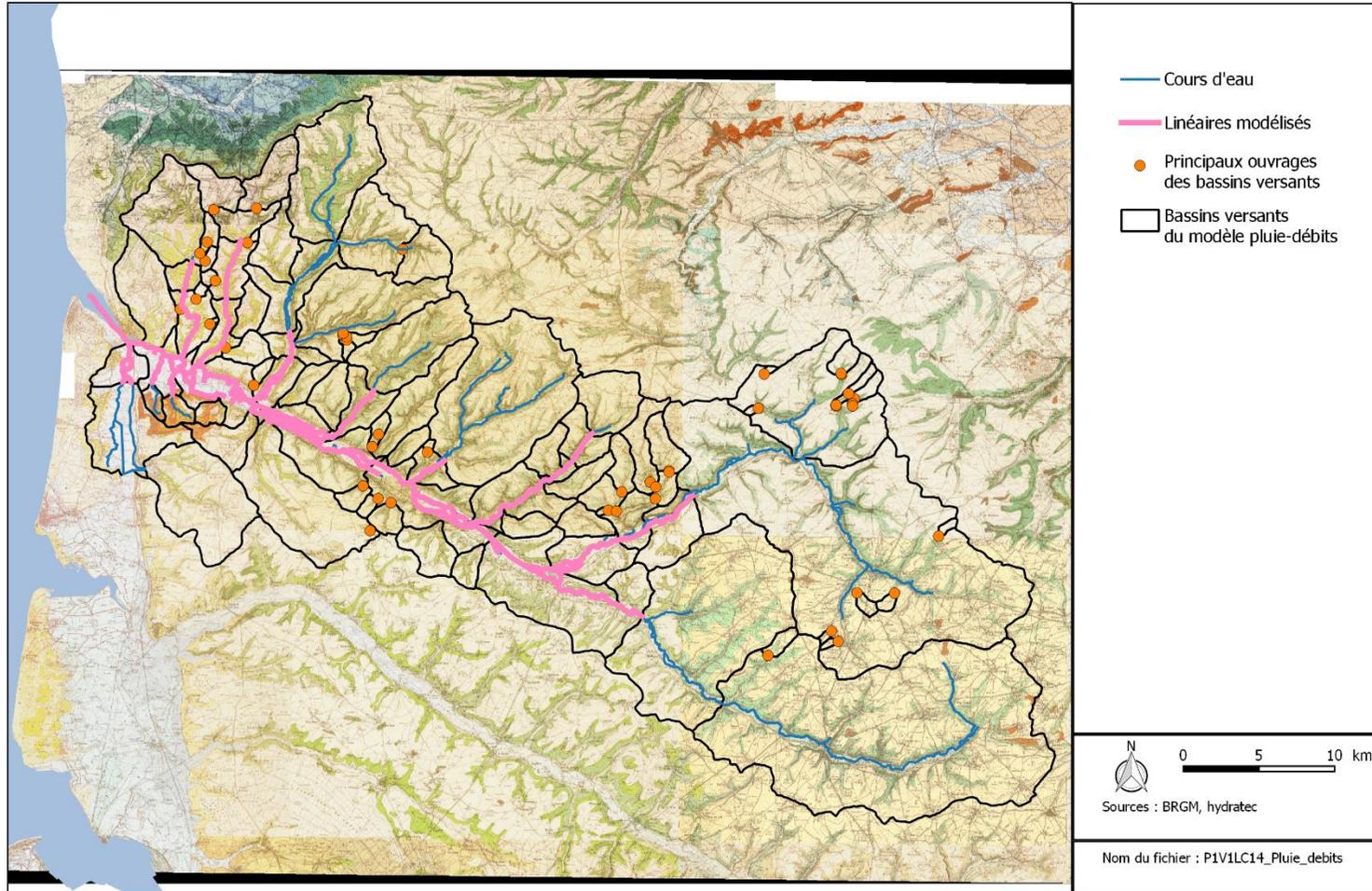


Figure 3 : Pluviométrie journalière centennale selon SHYREG des bassins versants élémentaires



## Géologie



Conception et réalisation : Symcésa, DDTM 62, Hydratec ©, ASCONIT Consultants © - Copies et reproductions interdites

Figure 4 : Géologie des bassins versants élémentaires

20/03/2016 - Version n° 1

HYDRATEC / **Partie 1 - Volet 2 - LCOM 13**

**Elaboration du PAPI complet et du PPRI de la Canche 45**

Pentes sur le bassin versant de la Canche

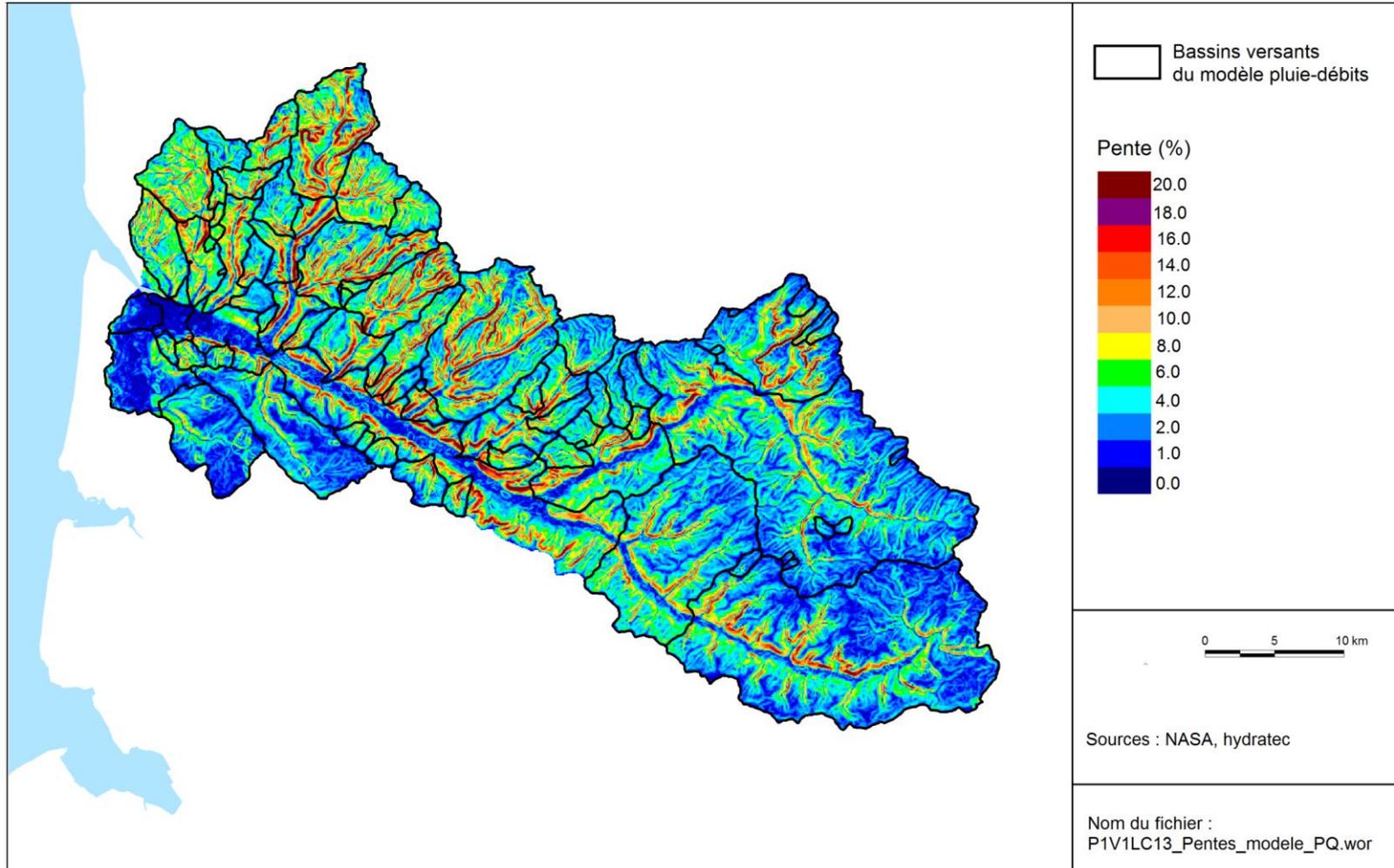


Figure 5 : Pentes des bassins versants élémentaires

20/03/2016 - Version n° 1

HYDRATEC / **Partie 1 - Volet 2 - LCOM 13**

**Elaboration du PAPI complet et du PPRI de la Canche 46**