PAPI – PPRI de la Canche

Partie 1. Diagnostic territorial

Volet 2. Caractérisation des aléas

LCOM 13.1

Analyse hydrologique

Avec le concours financier :

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_LCOM13-1_Hydrologie_v1.docx

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	25/04/2017	LPU	BST	49	Compilation et mise à jour des 2 rapports provisoires « Hydrologie historique » et « Hydrologie statistique »

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 ANALYSE HYDROLOGIQUE STATISTIQUE : CALCUL DES DEBITS CARACTERISTIQUES 12
2.1 Stations hydrométriques exploitables pour l'analyse hydrologique statistique 12
2.2 Sous-bassins versants jaugés : Ajustements statistiques et Gradex 13
2.2.1 Ajustements statistiques 13
2.2.2 Méthode du Gradex 15
2.2.3 Synthèse : Débits caractéristiques obtenus aux stations hydrométriques 15
2.3 Sous-bassins versants non jaugés : Formules d'hydrologie 17
2.3.1 Données de pluie utilisées 17
2.3.2 Calcul des temps de concentration 19
2.3.3 Débits caractéristiques des bassins versants non jaugés selon les formules usuelles d'hydrologie 19
2.4 Sous-bassins versants non jaugés : Corrélation avec une station voisine 20
2.4.1 Choix d'une station de corrélation 20
2.4.2 Loi de corrélation avec la station de l'Aa à Fauquembergues 24
2.4.3 Ajustement statistique des bassins versants non jaugés 24
2.4.4 Débits caractéristiques des bassins versants non jaugés selon une corrélation avec l'ajustement statistique de l'Aa à Fauquembergues 25
2.5 Synthèse des résultats et choix des débits caractéristiques à retenir pour la définition des événements de référence 26
2.5.1 Synthèse des résultats 26
2.5.2 Choix des débits caractéristiques à retenir 26
3 ANALYSE HYDROLOGIQUE DES CRUES HISTORIQUES ET DEFINITION DE LEUR TYPOLOGIE 28
3.1 Analyse des différents paramètres hydrologiques des crues 28
3.1.1 Période de survenue des événements 31
3.1.2 Localisation spatiale 31
3.1.3 Débits et période de retour 33
3.1.4 Allure des hydrogrammes 34
3.1.5 La saturation initiale des sols 34
3.1.6 L'influence de la nappe 34
3.1.7 L'influence maritime 36
3.2 Synthèse : Typologie des crues 36
3.3 Choix des crues de calage 37
3.3.1 Méthode de sélection 37
3.3.2 Quelles crues simuler pour caler le modèle ? 40

ANNEXES

Annexe 1 - Ajustements statistiques des sous bassins versants non jaugés de la Canche

Annexe 2 - Caractéristiques hydrologiques des crues inventoriées

Table des illustrations

Figure 2-1 : Stations hydrométriques sur le bassin versant de la Canche 12

Figure 2-2 : Ajustements statistiques testés aux deux stations hydrométriques 14

Figure 2-3 : Ajustement statistique retenu aux deux stations hydrométriques 16

Figure 2-4 : Débits caractéristiques obtenus par ajustement statistique et Gradex sur la Ternoise à Hesdin et sur la Canche à Brimeux 17

Figure 2-5 : Localisation des postes pluviométriques retenus 18

Figure 2-6 : Stations hydrométriques proches du bassin versant de la Canche 21

Figure 2-7 : Courbe des débits classés 22

Figure 2-8 : Ajustements statistiques sur la Lys à Delettes et sur l'Aa à Fauquembergues 23

Figure 2-9 : Débits caractéristiques de l'Aa à Fauquembergues 24

Figure 2-10 : Ajustement statistique sur l'Huitrepin 25

Figure 2-11 : Débits caractéristiques des bassins versants des affluents de la Canche non jaugés obtenus par corrélation avec l'ajustement statistique de l'Aa à Fauquembergues 25

Figure 2-1 : Mois de survenue des crues du bassin versant de la Canche 31

Figure 2-2 : Grands secteurs définis pour déterminer la localisation spatiale des crues 32

Figure 2-3 : Localisation des crues du bassin versant de la Canche 32

Figure 2-5 : Intensité des crues signalées et mesurées 33

Figure 2-6 : Nombre de pics rapprochés des crues hivernales 34

Figure 2-7 : Chroniques piézométriques de la nappe de la craie du bassin versant de la Canche 35

Figure 2-8 : Niveaux de la nappe de la craie lors des crues hivernales signalées 35

Figure 2-9 : Intensité du coefficient de marée au moment du pic de crue de la Canche aval 36

Figure 2-11 : Hydrogrammes des crues de calage 40

Figure 3-1 : Ajustement statistique sur l'Huitrepin 44

Figure 3-2 : Ajustement statistique sur la Dordonne 45

Figure 3-3 : Ajustement statistique sur la Course 45

Figure 3-4 : Ajustement statistique sur le Bras de Brosnne 46

Figure 3-5 : Ajustement statistique sur la Créquoise 46

Figure 3-6 : Ajustement statistique sur la Planquette 47

Tableau 2-1 : Données et résultats du calcul du Gradex des pluies sur le bassin versant de la Ternoise à Hesdin et de la Canche à Brimeux 15

Tableau 2-2 : Données pluviométriques retenues pour le calcul des débits caractéristiques 18

Tableau 2-3 : Temps de concentration des bassins versants de la Canche 19

Tableau 2-4 : Débit décennal calculé avec les formules usuelles d'hydrologie 19

Tableau 2-5 : Débit centennal calculé avec les formules usuelles d'hydrologie 20

Tableau 2-6 : Débits caractéristiques retenus pour les modélisations 27

Tableau 2-7 : Débits caractéristiques retenus pour l'analyse HGM/calculs de Strickler 27

Tableau 2-1 : Synthèse des caractéristiques hydrologiques des crues inventoriées 29

Tableau 2-2 : Synthèse des caractéristiques des crues et des données disponibles 39

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 km2, 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 Symcéa, 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'État, 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'État 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 Symcéa et la DDTM62 associent leurs démarches.

L'étude a pour objet la réalisation conjointe DDTM62/Symcéa 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,

Document de travail

- 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 :

- Livrable 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.

- Livrable LCOM13 : Rapport sur les aléas déterminés

  Ce livrable prend la forme d'un dossier explicitant la méthode de détermination des aléas, justifiant et commentant les scénarios choisis et leurs résultats. Il est subdivisé en 5 sous-parties :

- LCOM13.1 : Analyse hydrologique ;
- LCOM13.2 : Aléas débordement par modélisation hydrologique et hydraulique ;
- LCOM13.3 : Aléas débordement et ruissellement par analyse hydrogéomorphologique ;
- LCOM 13.4 : Aléa remontée de nappe ;
- LCOM 13.5 : Aléa submersion marine.

- Livrable LCOM 14 : Les cartes des aléas première version

  Il s'agit de la cartographie des aléas ruissellement, débordement, remontée de nappe et submersion marine.

- Livrable LCOM15 : Études complémentaires

Document de travail

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 intermédiaire du livrable LCOM13 : LCOM13-1 Analyse hydrologique.

Ce document présente tout d'abord l'analyse hydrologique statistique menée afin de déterminer les débits caractéristiques des principaux cours d'eau du bassin versant de la Canche.

Dans une seconde partie est présentée l'analyse hydrologique des crues historiques, sur la base des informations recueillies dans le volet 1, permettant de définir une typologie des événements de crue touchant le bassin versant de la Canche.

Document de travail

2 Analyse hydrologique statistique : Calcul des débits caractéristiques

Ce chapitre vise à calculer les débits caractéristiques, c'est-à-dire les débits de périodes de retour données (5, 10, 100 ans…) à différents endroits clés du bassin versant de la Canche :

- à l'aval de chacun des principaux affluents : Ternoise, Planquette, Créquoise, Bras de Brosne, Course, Dordonne et Huitrepin ;
- sur la Canche amont et médiane (les débits de la Canche aval étant influencés par la marée, l'évaluation statistique des débits y est sans objet).

Par suite, les périodes de retour des crues historiques pourront être évaluées.

La méthode de calcul diffère selon que le sous bassin versant considéré est intercepté par une station hydrométrique disposant de mesures de débit adéquat, ou non :

- ajustement statistique dans le premier cas,
- sinon, corrélation avec une station hydrométrique d'un bassin versant voisin, ou formules d'hydrologie usuelles.

2.1 Stations hydrométriques exploitables pour l'analyse hydrologique statistique

Le bassin versant de la Canche compte douze stations hydrométriques en activité et hors service (cf. carte ci-dessous). Quatre d'entre elles effectuent des mesures de débits : les stations DREAL de Brimeux sur la Canche, d'Hesdin sur la Ternoise, d'Estrée sur la Course et la station de l'Agence de l'Eau Artois-Picardie à Attin sur la Canche.

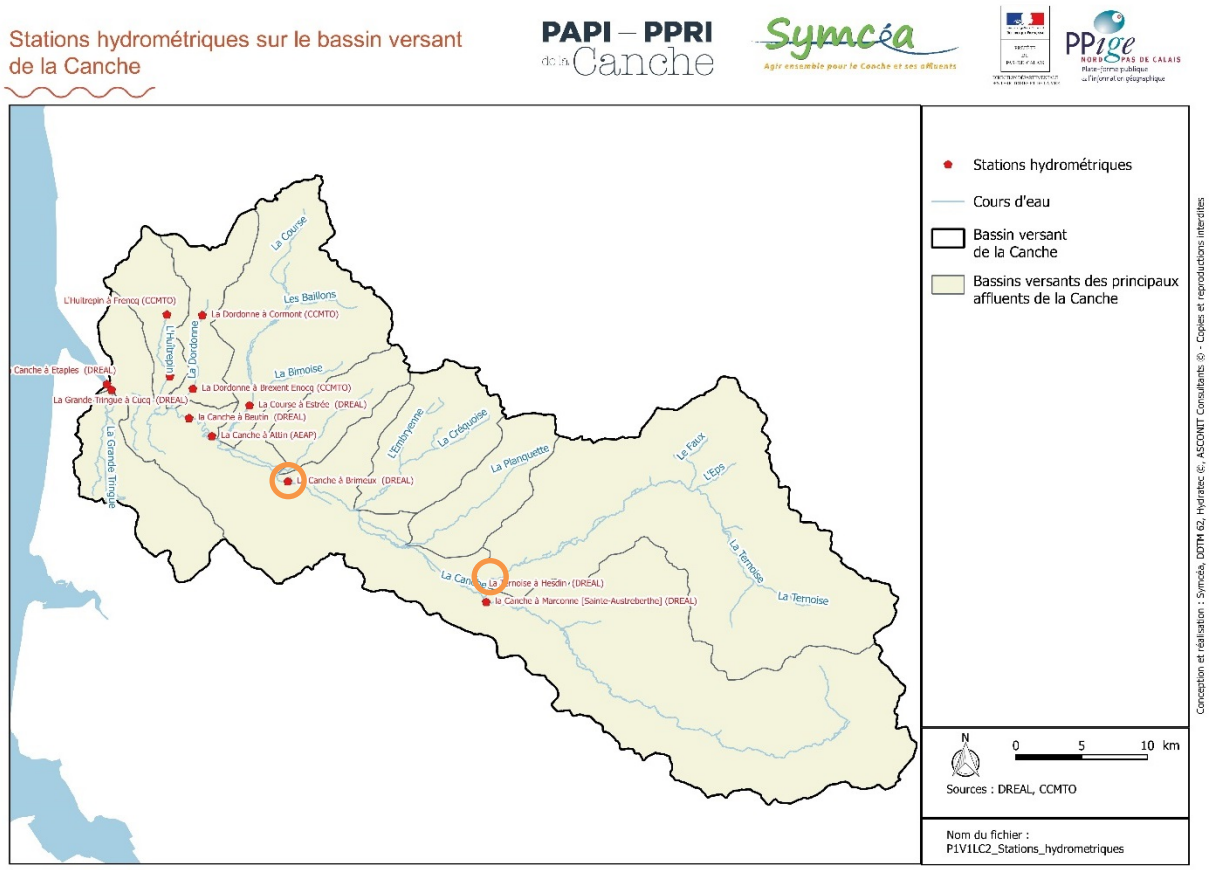

Figure 2-1 : Stations hydrométriques sur le bassin versant de la Canche

Document de travail

Parmi elles, seules les stations de la Ternoise à Hesdin et de la Canche à Brimeux (cerclées en orange sur la figure précédente) disposent de chroniques non influencées par la marée et longues, et sont donc exploitables pour les besoins de la présente analyse. Des ajustements statistiques y sont réalisés, présentés dans le paragraphe 2.2.

A contrario, les affluents de la Canche (hormis la Ternoise) ne peuvent pas faire l'objet d'ajustements statistiques. L'évaluation des débits caractéristiques nécessite d'autres méthodes développées aux chapitres 5 et 6.

2.2 Sous-bassins versants jaugés : Ajustements statistiques et Gradex

Pour les bassins versants jaugés, à savoir la Canche à Brimeux et la Ternoise à Hesdin, les débits caractéristiques sont calculés par ajustement statistique des débits instantanés maximum annuels. Pour les débits forts, au-delà d'une période de retour pivot à déterminer, la méthode du Gradex est appliquée.

2.2.1 Ajustements statistiques

Les plages de données de débits disponibles pour ces deux stations sont les suivantes :

- Canche à Brimeux : mesures de 1962 à 2016, soit 54 ans de données,
- Ternoise à Hesdin : mesures de 1969 à 2016, soit 47 ans de données.

Pour chacun des deux ajustements, cinq lois statistiques sont testées (voir figure suivante) :

- loi de Gauss (ou loi normale),
- loi de Galton (ou loi log-normale),
- loi de Fréchet,
- loi de Gumbel (utilisée par la Banque Hydro),
- loi Gamma (Pearson III).

A noter que la modélisation hydraulique globale réalisée dans le cadre de l'étude sur la Canche et ses affluents (cf. rapport LCOM13.2) a permis de mettre en exergue une sous-estimation des débits de crue affichés par la Banque Hydro à la station de Brimeux sur la Canche au-delà de 28 m^3/s. A cette station et pour cette place de débits, ce sont les débits corrigés par application de la courbe de tarage modélisée qui ont été pris en compte pour l'ajustement statistique.

Document de travail

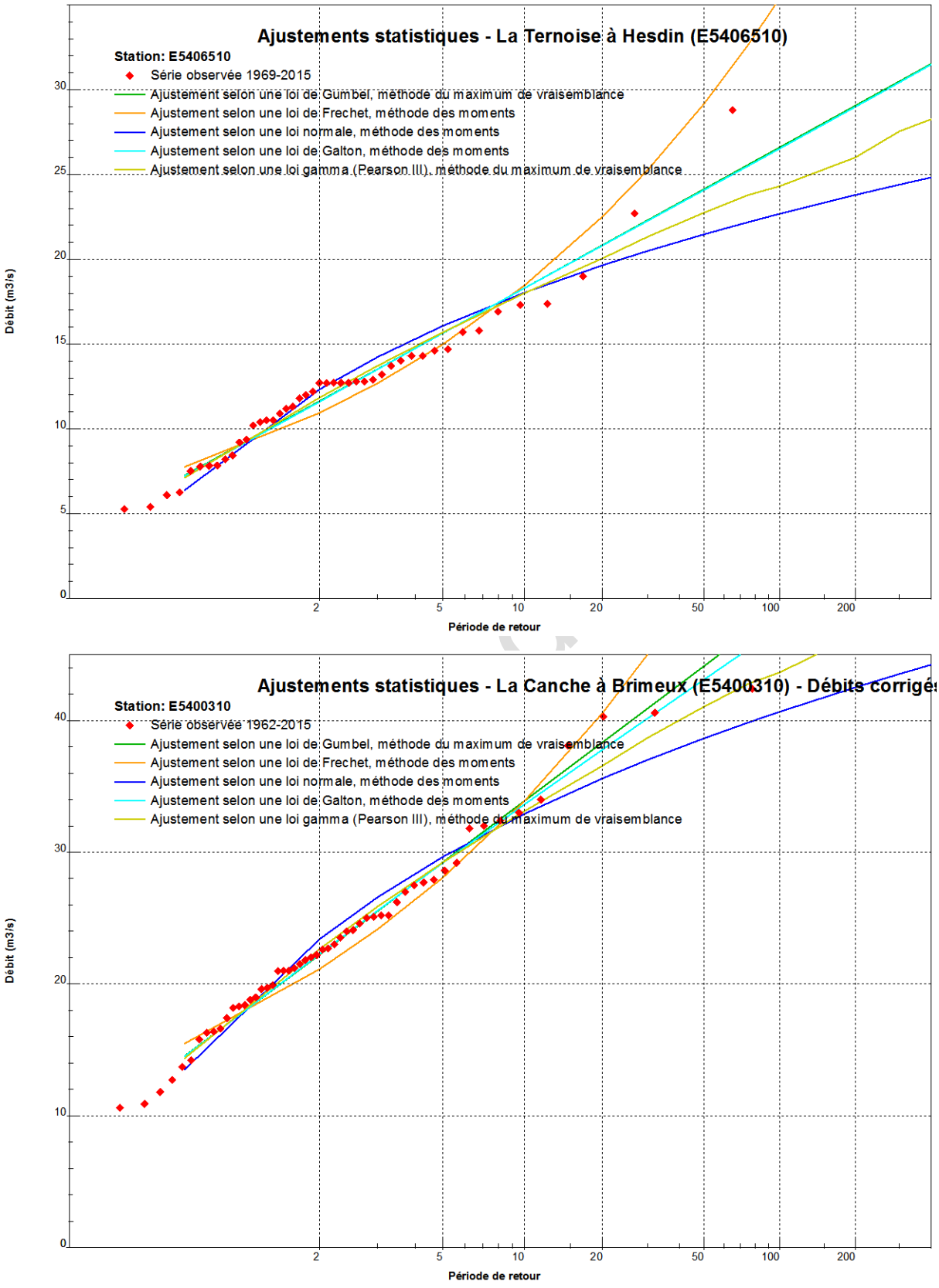

Figure 2-2 : Ajustements statistiques testés aux deux stations hydrométriques

La loi retenue pour représenter la distribution des débits est celle dont la courbe se rapproche le plus des points de mesure. Il s'agit pour les deux stations de la loi de Gumbel.

2.2.2 Méthode du Gradex

La méthode du Gradex sert à évaluer les débits associés aux très fortes périodes de retour (crues rares). Elle est basée sur l'hypothèse qu'à partir d'une certaine limite (la période de retour pivot), le bassin versant perd sa capacité d'infiltration et toute précipitation supplémentaire engendre un accroissement équivalent du volume d'eau écoulé. C'est la raison pour laquelle elle s'applique pour des bassins versants de taille moyenne (inférieurs à 5000 km²).

La méthode du Gradex fait intervenir dans le calcul les paramètres suivants :

- la période de retour pivot, estimée au regard des crues mesurées et des ajustements statistiques réalisés ;
- le temps de base des hydrogrammes de crue (durée du ruissellement direct), évalué à partir des hydrogrammes mesurés ;
- le gradex des pluies cumulées sur le temps de base du bassin versant, calculé par un ajustement de Gumbel des maxima annuels de précipitations de durée « le temps de base », mesurés à des postes pluviométriques représentatifs de la pluviométrie moyenne du bassin versant intercepté ;
- le coefficient de forme ($Q_{inst.}/Q_{Tps\ base}$) calculé à partir des mesures de débit réalisées aux stations hydrométriques.

Les grandeurs de ces paramètres et la valeur du gradex obtenue sont consignés dans le tableau suivant :

	Période de retour pivot	Temps de base du BV	Pluviométrie		Coefficient de forme	Gradex des Qix
			Postes pluvio représentatifs	Gradex des pluies		
Ternoise à Hesdin	50 ans	24 h	moyenne St-Pol-sur-T. / Radinghem	8.8 mm	1.27	43 m^3/s
Canche à Brimeux	50 ans	48 h		11.9 mm	1.05	66 m^3/s

Tableau 2-1 : Données et résultats du calcul du Gradex des pluies sur le bassin versant de la Ternoise à Hesdin et de la Canche à Brimeux

2.2.3 Synthèse : Débits caractéristiques obtenus aux stations hydrométriques

Les gradex sont tracés sur le même graphique que l'ajustement statistique évoqué plus haut. Les courbes résultantes sont les suivantes.

Document de travail

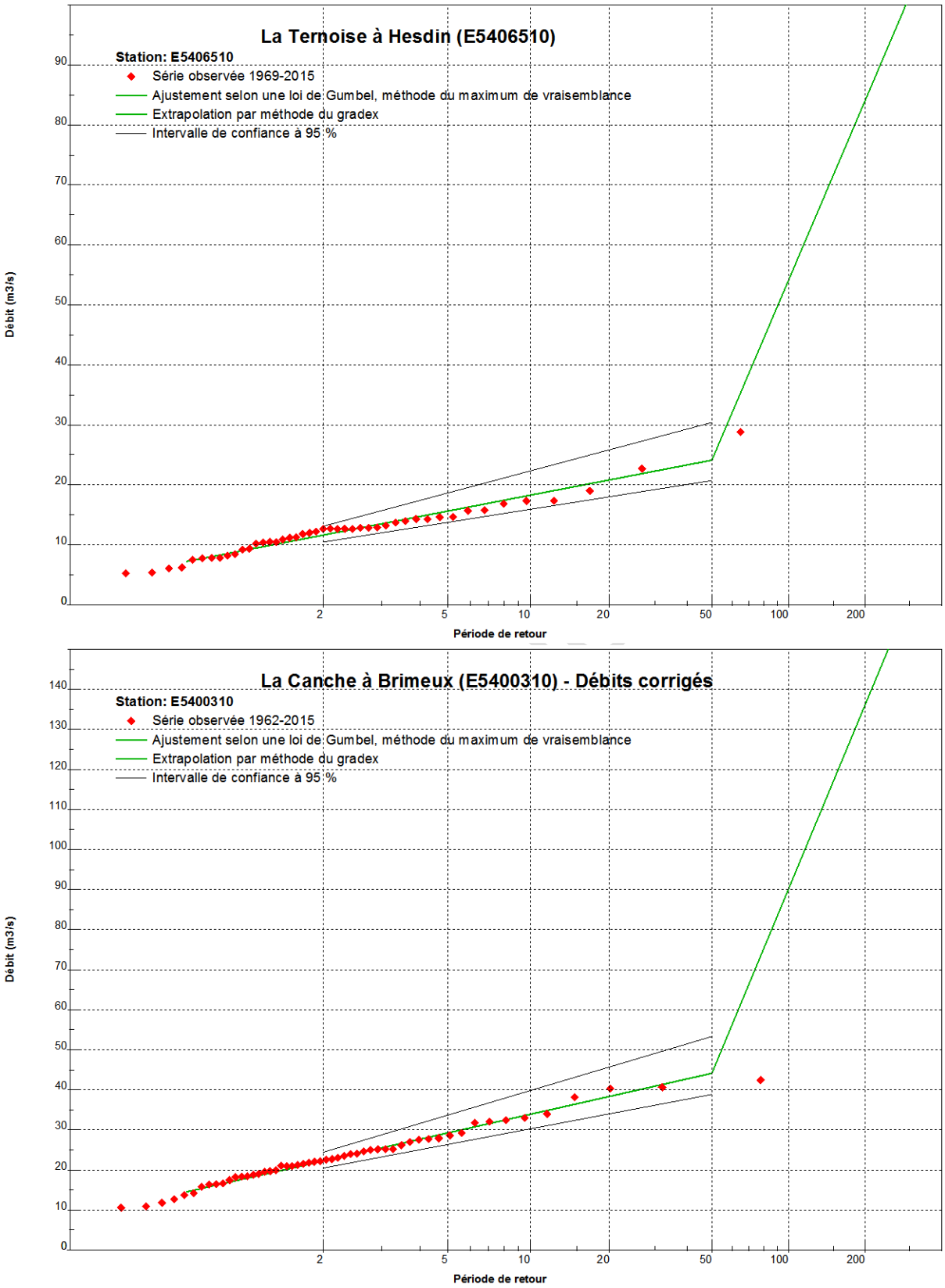

Figure 2-3 : Ajustement statistique retenu aux deux stations hydrométriques

Les débits caractéristiques obtenus grâce aux calculs précédents sont indiqués ci-après :

		Période de retour									
	Superficie du bv (km²)	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans	200 ans	500 ans	1000 ans
Ternoise à Hesdin	343	12	16	18	21	22	24	54	84	124	154
Canche à Brimeux	923	22	29	34	38	41	44	90	136	197	242

Figure 2-4 : Débits caractéristiques obtenus par ajustement statistique et Gradex sur la Ternoise à Hesdin et sur la Canche à Brimeux

2.3 Sous-bassins versants non jaugés : Formules d'hydrologie

Dans une première étape, les débits caractéristiques décennaux et centennaux des bassins versants non jaugés des affluents de la Canche sont estimés grâce aux formules usuelles d'hydrologie, à savoir :

- La formule rationnelle,
- La formule de CRUPEDIX,
- La formule de SOCOSE,
- La méthode du SCS.

On rappelle que les bassins versants non jaugés sont les suivants (d'aval en amont) : Huitrepin, Dordonne, Course, Bras de Brosne, Créquoise, Planquette et Canche amont.

Pour comparaison avec les résultats précédents, les calculs hydrologiques sont également menés sur la Ternoise à Hesdin.

2.3.1 Données de pluie utilisées

Les débits caractéristiques sont calculés à partir de deux jeux de données pluviométriques distincts :

- Les données (coefficients de Montana et pluies journalières décennales et centennales) fournies par Météo France aux postes indiqués dans le tableau ci-après (indicé « Météo France » dans la suite),
- Les données synthétiques issues de la méthode SHYREG de l'Irstea (indicé « SHYREG » dans la suite).

La carte qui suit présente l'emplacement des postes pluviométriques utilisés pour le calcul des débits caractéristiques (postes entourés en orange). Ils sont choisis pour leur longue durée d'ouverture d'une part, et d'autre part pour leur représentativité spatiale par rapport à la pluviométrie moyenne annuelle.

Document de travail

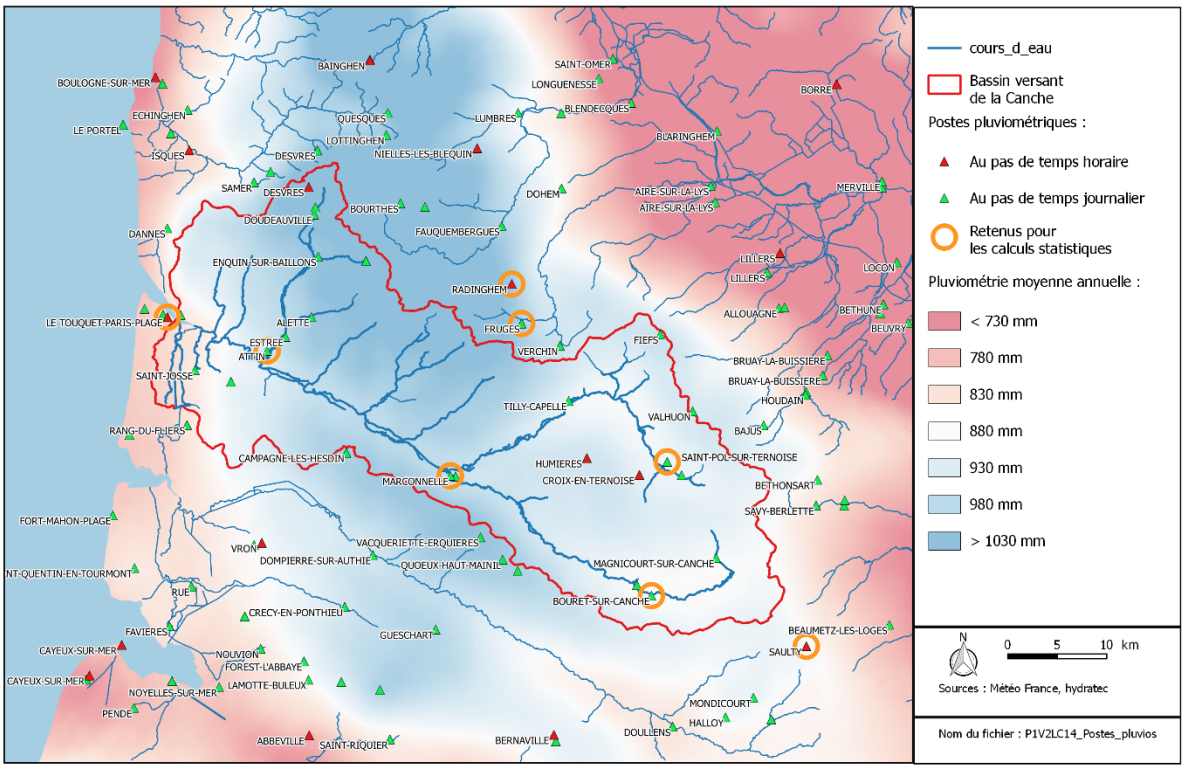

Figure 2-5 : Localisation des postes pluviométriques retenus

Une demande a été formulée auprès de Météo France pour obtenir des données aux postes pluviométriques de Desvres, Humières et Vron, mais celles-ci ne sont pas disponibles.

Le tableau qui suit présente quel(s) poste(s) pluviométrique(s) sont choisis pour caractériser les données pluviométriques de chaque bassin versant non jaugé et les paramètres retenus. Pour chaque paramètre, lorsque plusieurs postes servent de référence pour un sous bassin versant, c'est la moyenne (éventuellement pondérée) des valeurs aux différents postes qui est retenue.

Bassin versant	Poste pluviométrique	Température moyenne annuelle (°C)	Coefficients de Montana - 10 ans		Pluie décennale journalière Météo France P_{j10}	Pluie décennale journalière SHYREG P_{j10}
			a_{24h}	b_{24h}		
Huitrepin	Radinghem Saulty	928 929	3.5 11.4	0.61 0.77	59.2 mm	61.3 mm
Dordonne	Radinghem	968	3.5	0.61	60.6 mm	63.9 mm
Course	Radinghem	1025	3.5	0.61	63.5 mm	64.9 mm
Bras de Brosne	Radinghem	1023	3.5	0.61	63.5 mm	64.2 mm
Créquoise	Radinghem	1028	3.5	0.61	63.5 mm	61.7 mm
Planquette	Radinghem	1006	3.5	0.61	63.5 mm	59.8 mm
Ternoise	Radinghem Saulty	928 928	3.5 11.4	0.61 0.77	61.1 mm	56.9 mm
Canche amont (à Hesdin)	Radinghem Saulty	921 921	3.5 11.4	0.61 0.77	61.1 mm	56.6 mm

Tableau 2-2 : Données pluviométriques retenues pour le calcul des débits caractéristiques

Document en cours

2.3.2 Calcul des temps de concentration

Le calcul du temps de concentration est effectué pour tous les sous-bassins versants de la Canche à partir de différentes formules usuelles issues de la littérature : Passini, Ventura, Giandotti, Kiprich, Johnstone & Cross et Bransby. Du fait de la disparité des résultats donnés par ces formules, les temps de concentration indiqués ci-après sont la moyenne des temps calculés situés à moins d'un écart type par rapport à la moyenne générale.

	DONNEES D'ENTREE					
Bassin versant	**Superficie du bassin versant (km²)**	**Chemin hydraulique le plus long (km)**	**Pente moyenne (m/m)**	**Altitude minimale (mNGF)**	**Altitude moyenne (mNGF)**	**Temps de concentration (h)**
Huitrepin	42	18	0.0061	2	86	7
Dordonne	52	19	0.0130	3	94	7
Course	146	29	0.0044	2	110	10
Bras de Brosnne	44	16	0.0093	6	97	7
Créquoise	80	19	0.0076	10	113	7
Planquette	57	18	0.0063	16	103	7
Ternoise	343	44	0.0019	23	119	17
Canche amont (à Hesdin)	332	44	0.0021	27	114	17

Tableau 2-3 : Temps de concentration des bassins versants de la Canche

Les bassins versants des six affluents en rive droite de la Canche (hormis la Ternoise) ont des caractéristiques morphologiques assez proches. Ainsi, leurs temps de concentration sont compris entre 7 et 10 heures. Les bassins versants de la Canche en amont d'Hesdin et de la Ternoise sont plus longs, ce qui conduit à des temps de concentration plus grands (17 h).

2.3.3 Débits caractéristiques des bassins versants non jaugés selon les formules usuelles d'hydrologie

Les tableaux qui suivent présentent les débits caractéristiques obtenus avec les formules usuelles d'hydrologie à partir des données acquises auprès de Météo France et celles de la méthode SHYREG.

Les débits barrés ne sont pas retenus pour la suite de l'étude puisqu'ils sont calculés hors des domaines de validité des formules usuelles.

		Débit décennal Q_{10} (m^3/s)							
Bassin versant	**SBV (km²)**	**RATIONNELLE**	**CRUPEDIX**		**SOCOSE**		**SCS**	
			Météo France	**SHYREG**	**Météo France**	**SHYREG**	**Météo France**	**SHYREG**
Huitrepin	42	~~13~~	8	8	11	12	~~22~~	~~24~~
Dordonne	52	~~14~~	9	10	14	15	~~23~~	~~28~~
Course	146	~~30~~	23	25	32	32	~~50~~	~~53~~
Bras de Brosnne	44	~~12~~	9	9	13	14	~~24~~	~~26~~
Créquoise	80	~~22~~	14	14	20	19	~~38~~	~~49~~
Planquette	57	~~15~~	11	10	16	15	~~29~~	~~32~~
Ternoise	343	~~60~~	43	37	~~46~~	~~42~~	~~149~~	~~129~~
Canche amont	332	~~60~~	42	36	~~45~~	~~41~~	~~146~~	~~125~~

Tableau 2-4 : Débit décennal calculé avec les formules usuelles d'hydrologie

Document de travail

Bassin versant	SBV (km²)	Débit centennal Q_{100} (m^3/s)						
		RATIONNELLE	CRUPEDIX		SOCOSE		SCS	
			Météo France	SHYREG	Météo France	SHYREG	Météo France	SHYREG
Huitrepin	42	36	15	16	23	23	42	45
Dordonne	52	38	19	21	28	29	47	52
Course	146	82	47	49	64	65	95	101
Bras de Brosnne	44	32	18	18	27	27	48	50
Créquoise	80	59	29	27	40	39	69	66
Planquette	57	42	22	20	31	30	54	48
Ternoise	343	182	86	75	92	85	338	229
Canche amont	332	180	84	72	90	82	330	222

Tableau 2-5 : Débit centennal calculé avec les formules usuelles d'hydrologie

Quelle que soit la formule employée, les débits caractéristiques obtenus par les données SHYREG sont très proches des débits calculés à partir des données issues directement des postes pluviométriques de Météo France.

On constate par ailleurs que les résultats Socose sont toujours supérieurs aux résultats Crupedix (de 35 à 55 %).

Enfin, sur la Ternoise, les débits du tableau ci-dessus sont 1.5 (pour Q100) à 2 fois (pour Q10) supérieurs à ceux obtenus par ajustement statistique des débits maximums annuels instantanés relevés à la station (cf. § 2.2.3).

Afin d'avoir un autre éclairage de ces résultats, une autre méthode de calcul des débits caractéristiques des bassins versants non jaugés est présentée dans le paragraphe suivant.

2.4 Sous-bassins versants non jaugés : Corrélation avec une station voisine

Dans une seconde étape, les débits de crue des affluents de la Canche (hormis la Ternoise) sont estimés à partir de corrélations avec une station voisine (sur le bassin versant de la Canche ou ailleurs) qui ont des réponses hydrologiques similaires.

2.4.1 Choix d'une station de corrélation

Le choix de la station de corrélation associée aux petits bassins versants des affluents de la Canche se fait en deux temps :

1. Présélection de plusieurs stations en fonction des caractéristiques morphologiques des bassins versants qu'elles interceptent (recherche des stations à l'intérieur et hors du bassin versant de la Canche),
2. Sélection de la station retenue en fonction de sa réponse hydrologique.

a) *Présélection des stations*

Les stations de corrélation sont présélectionnées pour que la superficie, la géologie, la morphologie (orientation, distance à la mer, reliefs,..) et la pluviométrie du bassin versant intercepté par la station soient similaires à celles du cours d'eau d'étude à son exutoire.

Si la Ternoise à Hesdin peut éventuellement servir de station de corrélation aux petits bassins versants des affluents de la Canche (bien que sa superficie soit sensiblement supérieure : 343 km² contre 70 km² en moyenne), il n'est est pas de même pour la Canche à Brimeux (925 km²). De plus, de par leur morphologie, la réponse hydrologique des petits affluents de la Canche est différente de celle de la Canche à Brimeux. Cela s'explique notamment par la forme des bassins versants, le rôle écrêteur des marais en amont de Brimeux et la part de débit liée au ruissellement plus faible sur la Canche.

Les stations hydrométriques situées autour du bassin versant de la Canche sont représentées sur la carte ci-dessous. La majeure partie d'entre elles ne peuvent pas servir de station de référence pour la corrélation, car :

- soit elles ne disposent pas de données de débit (en gris sur la carte),
- soit les données de débits sont disponibles sur une plage temporelle trop courte, inférieure à 10 ans (en rouge sur la carte),
- soit les caractéristiques de leurs bassins versants ne sont pas similaires à celles de ceux des affluents de la Canche (géologie, superficie,…).

Document de travail

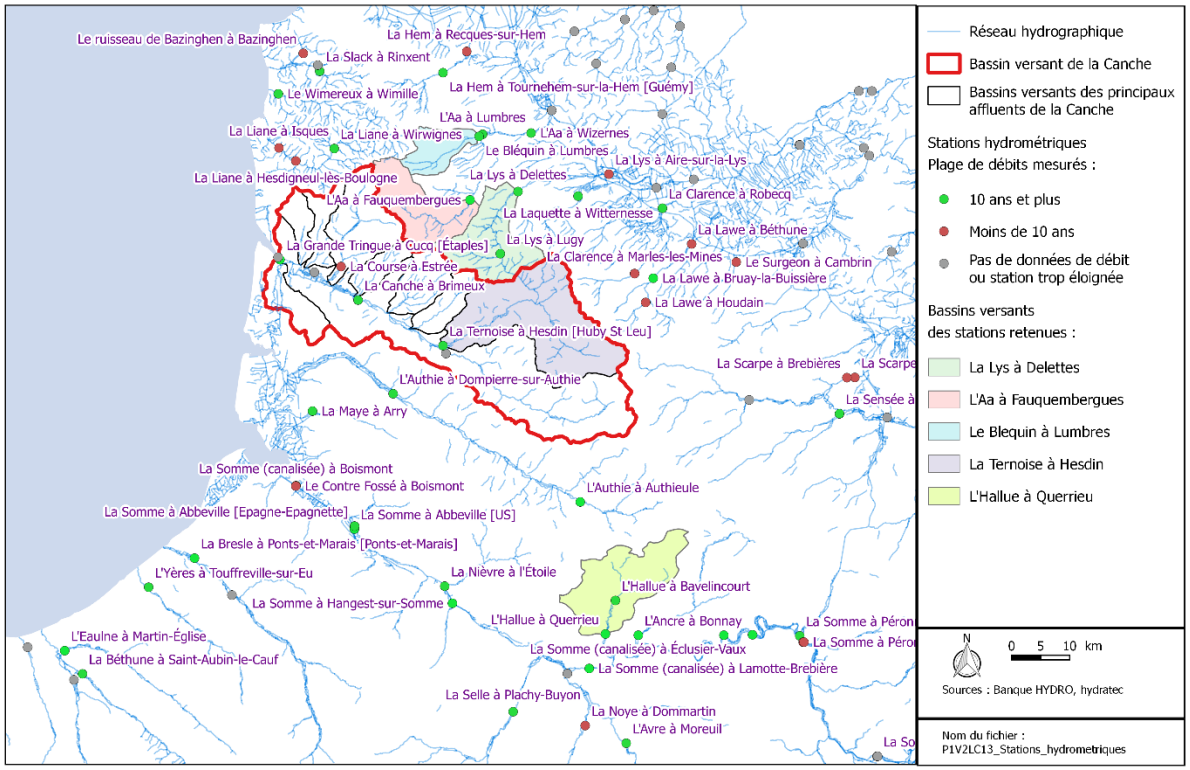

Figure 2-6 : Stations hydrométriques proches du bassin versant de la Canche

Cette analyse permet de dégager en première approche les stations suivantes :

- L'Aa à Fauquemberques (bassin versant intercepté de 140 km²),
- La Lys à Delettes (bassin versant intercepté de 155 km²),
- Le Bléquin à Lumbres (bassin versant intercepté de 140 km²),
- L'Hallue à Querrieu (bassin versant intercepté de 199 km²),
- La Ternoise à Hesdin (bassin versant intercepté de 344 km²).

Les stations hydrométriques retenues se situent principalement au Nord du bassin versant de la Canche et contiguës à celui-ci hormis la station de Querrieu sur l'Hallue. Cette station est sélectionnée principalement en raison de l'orientation du bassin versant intercepté (Nord-Est / Sud-Ouest) qui est similaire à celle des bassins versants des six affluents de la Canche.

b) *Sélection des stations en fonction de la réponse hydrologique*

Les courbes des débits classés et la répartition statistique des débits de pointe sont respectivement analysés pour choisir la station de corrélation des bassins versants non jaugés.

- Courbe des débits classés

La courbe des débits classés journaliers permet d'appréhender le type de réponse hydrologique d'un bassin versant. La figure ci-après présente la courbe des débits classés journaliers spécifiques aux stations présélectionnées à l'étape précédente.

Document

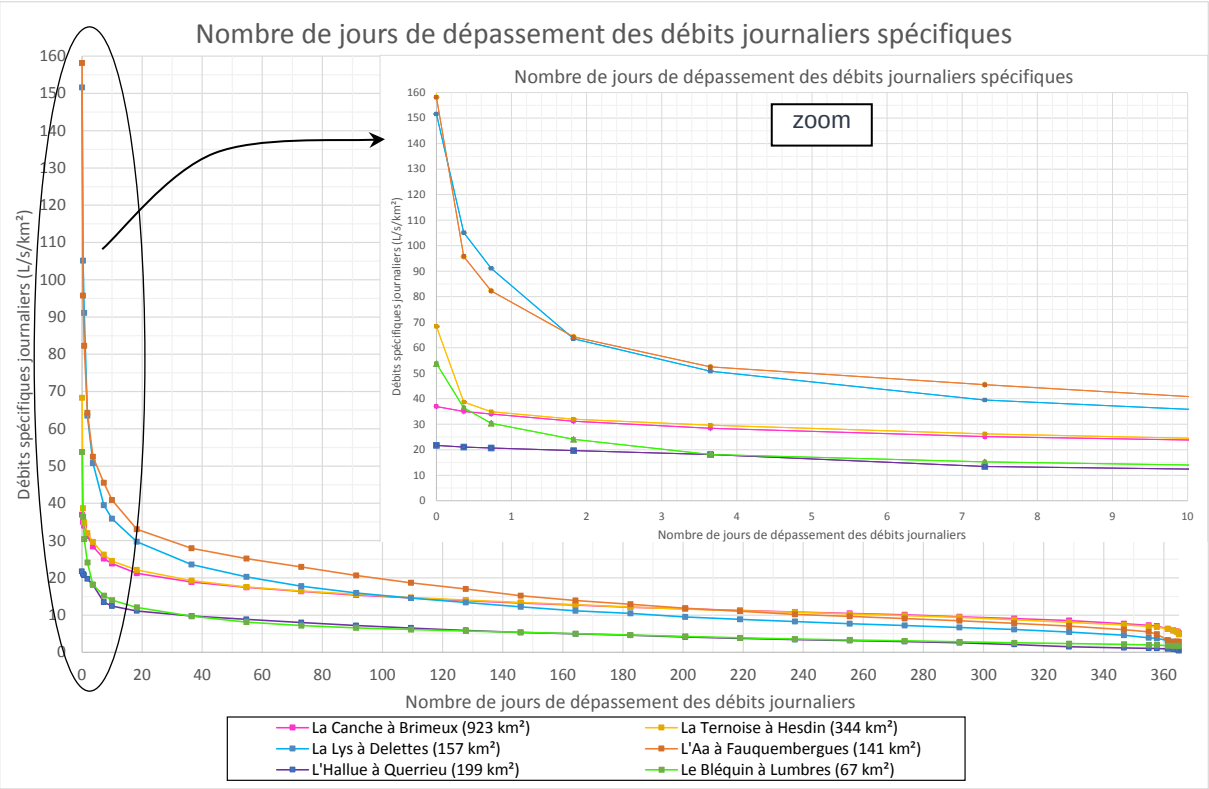

Figure 2-7 : Courbe des débits classés

La partie située à droite de la courbe (débits d'étiage) caractérise l'importance du soutien de nappe à l'étiage : plus la pente est faible dans cette partie de la courbe, plus le cours d'eau aura tendance à s'approcher d'une valeur asymptotique issue du soutien d'étiage par la nappe d'accompagnement du cours d'eau (phénomène marqué sur La Canche et la Ternoise). La valeur atteinte par cette asymptote traduit l'importance quantitative du soutien de nappe à l'étiage.

La partie gauche de la courbe, qui intéresse la présente analyse, concerne les débits de crue. Elle traduit le comportement ruisselant des cours d'eau, c'est-à-dire leur réaction à la pluviométrie. Plus la pente de la courbe est forte, plus le bassin versant du cours d'eau est dit « ruisselant ». C'est le cas de la Lys à Delettes et de l'Aa à Fauquembergues. Au contraire, la Canche à Brimeux ou l'Hallue à Querrieu réagissent peu à la pluviométrie.

D'après le diagnostic initial de l'étude, les six petits bassins versants de la Canche sont très ruisselants. L'Aa à Fauquembergues et la Lys à Delettes paraissent donc les mieux adaptés pour représenter les bassins versants des affluents de la Canche.

- Ajustement statistique

Des ajustements statistiques sont menés aux stations retenues, à savoir la Lys à Delettes et l'Aa à Fauquembergues, pour les mêmes lois probabilistes que celles utilisées sur la Ternoise et la Canche dans le paragraphe 2.2.1.

Document de

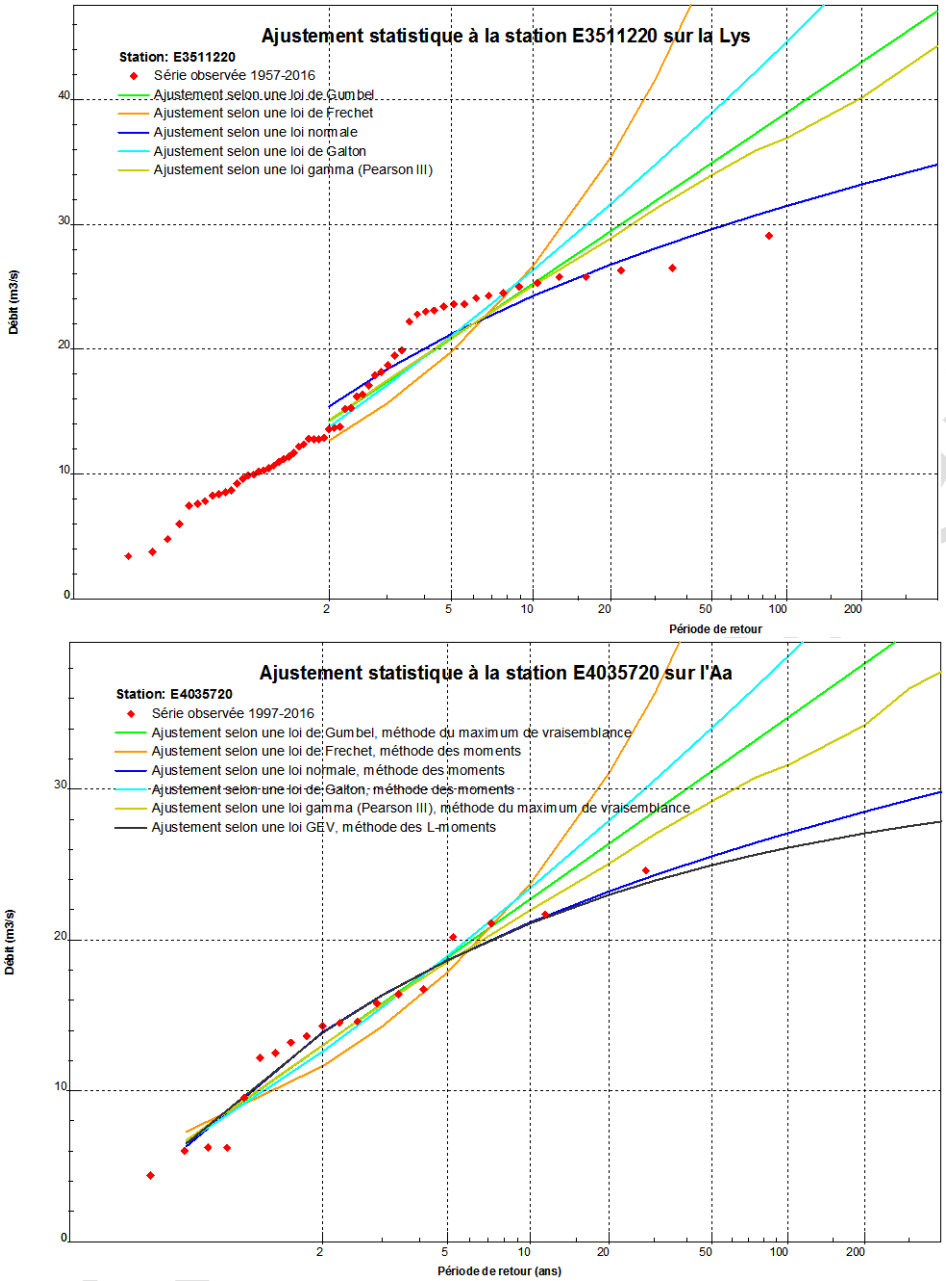

Figure 2-8 : Ajustements statistiques sur la Lys à Delettes et sur l'Aa à Fauquembergues

Le choix de la loi statistique à retenir est guidé par l'écart entre la courbe et la série de points (débits instantanés). Dans le cas présent, la loi normale est retenue pour l'ajustement dans les deux cas.

Les débits mesurés sur la Lys présentent une rupture avec un changement de pente notable entre les périodes de retour 2 et 5 ans. Cela traduit probablement un débordement en lit majeur induisant un écrêtement des crues. Ce phénomène est lié à la morphologie du bassin versant de la Lys, qui ne se retrouve pas sur les affluents de la rive droite de la Canche.

Ainsi, la station retenue pour estimer les débits de crue de ces affluents est celle de l'Aa à Fauquembergues. Ses débits de crue caractéristiques, issues d'un ajustement selon une loi normale, sont les suivants :

		Période de retour									
Cours d'eau	**Superficie du bassin versant (km²)**	**2 ans**	**5 ans**	**10 ans**	**20 ans**	**30 ans**	**50 ans**	**100 ans**	**200 ans**	**500 ans**	**1000 ans**
Aa	141	14	19	21	23	24	26	27	29	30	31

Figure 2-9 : Débits caractéristiques de l'Aa à Fauquembergues

2.4.2 Loi de corrélation avec la station de l'Aa à Fauquembergues

Les débits de l'Aa sont transférés sur chaque bassin versant des affluents de la rive droite de la Canche selon la relation qui suit :

$$Q_{affluent} = \left(\frac{S_{affluent}}{S_{Aa}}\right)^{\alpha} Q_{Aa}$$

Avec :

$Q_{affluent}$ et Q_{Aa} les débits d'un des affluents de la rive droite de la Canche, et de l'Aa,

$S_{affluent}$ et S_{Aa} la superficie du bassin versant d'un des affluents de la rive droite de la Canche, et de l'Aa.

Le coefficient α dépend de la morphologie du bassin versant considéré. Il est déterminé à partir de la formule de CRUPEDIX.

$$Q_{10\ ans} = R \left(\frac{P_{j10}}{80}\right)^2 S^{\alpha}$$

Avec :
R un paramètre régional,
S la superficie du bassin versant (en km²),
P_{j10} la pluie décennale journalière sur le bassin versant (en mm),
α coefficient.

Le paramètre régional R est supposé constant sur l'ensemble du bassin versant de la Canche et sur les bassins versants voisins. Il en est de même pour la pluie décennale journalière (estimée à 61 mm). Ainsi, un premier couple (R ; α_1) est déterminé par l'application de la relation de CRUPEDIX aux stations de Brimeux sur la Canche et d'Hesdin sur la Ternoise. On trouve : (R ; α_1) = (0,69 ; 0,64).

Ensuite, connaissant le paramètre régional R, la formule de CRUPEDIX est de nouveau appliquée sur le bassin versant de l'Aa à Fauquembergues pour déterminer α. On obtient α égal à 0,8.

La relation de corrélation entre les débits des affluents de la Canche et ceux de l'Aa à Fauquembergues s'écrit donc :

$$Q_{affluent} = \left(\frac{S_{affluent}}{S_{Aa}}\right)^{0.8} Q_{Aa}$$

Les débits de l'Aa sont ensuite « convertis » d'après cette formule à chacun des six bassins versants non jaugés de la Canche.

2.4.3 Ajustement statistique des bassins versants non jaugés

Les séries de débits ainsi reconstituées en chacun des six bassins versants affluents font ensuite l'objet d'un traitement statistique selon la loi normale (choisie car convenant au bassin versant de l'Aa à Fauquembergues). Les graphiques résultats sont insérés en annexe. A titre d'exemple, ci-dessous est présenté celui de l'Huitrepin.

Document de travail

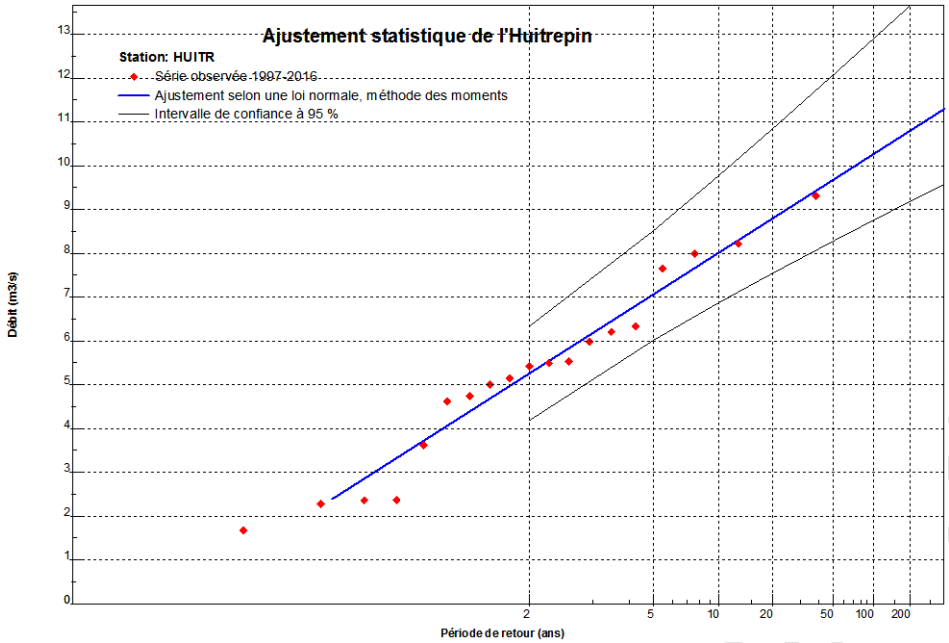

Figure 2-10 : Ajustement statistique sur l'Huitrepin

2.4.4 Débits caractéristiques des bassins versants non jaugés selon une corrélation avec l'ajustement statistique de l'Aa à Fauquembergues

Les ajustements statistiques effectués sur les bassins versants non jaugés donnent les débits caractéristiques suivants.

Les calculs effectués sur la Ternoise à Hesdin sont indiqués pour information, puisque qu'une station hydrométrique y est présente.

		Période de retour									
	Superficie du bassin versant (km²)	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans	200 ans	500 ans	1000 ans
Huitrepin	42	5	7	**8**	9	9	10	**10**	11	11	12
Dordonne	52	6	9	**9**	10	11	12	**12**	13	13	14
Course	146	14	20	**22**	24	25	27	**28**	30	31	32
Bras de Brosnne	44	6	8	**8**	9	10	10	**11**	12	12	12
Créquoise	80	9	12	**13**	15	15	17	**17**	18	19	20
Planquette	57	7	9	**10**	11	12	13	**13**	14	15	15
Canche amont	332	28	38	**42**	46	48	52	**54**	57	59	61
Ternoise	*343*	*28*	*39*	***43***	*47*	*49*	*53*	***55***	*59*	*61*	*63*

Figure 2-11 : Débits caractéristiques des bassins versants des affluents de la Canche non jaugés obtenus par corrélation avec l'ajustement statistique de l'Aa à Fauquembergues

Ce tableau appelle les commentaires suivants :

- Les débits décennaux ainsi calculés sont homogènes avec les débits calculés par la méthode Crupedix, et donc légèrement inférieurs aux résultats calculés par la méthode Socose (cf. Tableau 2-4).

  Par conséquent, pour la Ternoise, le débit décennal ci-dessus est très supérieur à celui calculé par ajustement statistique à la station hydrométrique.

- Les débits centennaux ainsi calculés sont sensiblement inférieurs aux débits calculés par les méthodes Crupedix et Socose (cf. Tableau 2-5).

  Il se trouve par ailleurs que sur la Ternoise, le débit centennal ci-dessus est égal à celui calculé par ajustement statistique à la station hydrométrique.

2.5 Synthèse des résultats et choix des débits caractéristiques à retenir pour la définition des événements de référence

2.5.1 Synthèse des résultats

Sur l'ensemble du territoire, les valeurs de débits calculés par les formules d'hydrologie (Crupedix, Socose…) sont supérieures ou égales aux résultats obtenus par les autres méthodes. Elles sont donc majorantes.

Parmi ces formules d'hydrologie, la formule de Socose donne les débits les plus importants (par rapport à la méthode Crupedix notamment).

Sur la Ternoise, les débits caractéristiques obtenus par ajustement statistique à la station hydrométrique d'Hesdin sont toujours inférieurs aux résultats obtenus avec les formules d'hydrologie (Crupedix, Socose…), et sont inférieurs (pour Q10) ou égaux (pour Q100) aux résultats obtenus par corrélation avec le bassin versant de l'Aa à Fauquembergues. Ces débits plus faibles peuvent trouver trois explications :

- Une particularité topographique de la vallée de la Ternoise, avec un lit majeur en cuvette (lit mineur perché) induisant d'importants stockages en amont de la station et donc un écrêtement naturel des crues justes débordantes ;
- L'absence de forts débits mesurés à cette station depuis son ouverture (47 années) ;
- Une courbe de tarage DREAL sous-évaluée. Cette dernière est toutefois parfaitement retrouvée par modélisation sur la plage de débits simulés (cf. rapport LCOM12-2).

On peut donc considérer que l'ajustement statistique réalisé sur la Ternoise à Hesdin constitue une bonne estimation des débits caractéristiques à cette station.

2.5.2 Choix des débits caractéristiques à retenir

Les débits caractéristiques aux 9 sites représentatifs du territoire (Ternoise, Planquette, Créquoise, Bras de Brosne, Course, Dordonne, Huitrepin, Canche amont et Canche médiane) seront utilisés pour déterminer les aléas débordement et ruissellement selon deux méthodes : la modélisation hydraulique d'une part (cf. LCOM13-2) et les calculs de Strickler associés à l'analyse hydrogéomorphologique d'autre part (cf. LCOM13-3).

Ces deux méthodes ayant des précisions de résultat distinctes, il convient d'utiliser des données de débit plus sécuritaires (c'est-à-dire majorantes) pour la méthode ayant la plus grande marge d'incertitude, à savoir la seconde méthode.

a) *Pour la modélisation hydraulique*

D'après la synthèse ci-dessus, l'ajustement statistique réalisé à la station hydrométrique d'Hesdin sur la Ternoise est réputé constituer une bonne estimation des débits caractéristiques à cette station (par comparaison avec deux autres méthodes de calculs). Les résultats qui y sont obtenus constituent donc les débits caractéristiques retenus de la Ternoise.

En l'absence de calculs comparatifs possibles, et par similitude avec le raisonnement tenu à Hesdin, les ajustements statistiques de la Canche à Brimeux (dont les débits les plus forts ont été réévalués grâce à la modélisation) sont également retenus.

Les caractéristiques physiographiques (morphologie, topographie, occupation du sol, pluviométrie, géologie…) du sous-bassin versant de la Canche amont étant très similaires à celles du sous-bassin versant de la Ternoise, les débits caractéristiques de la Canche amont sont calqués sur ceux retenus pour la Ternoise (par corrélation des surfaces à la puissance 0.8).

Les 6 affluents en rive droite de la Canche (de Planquette à Huitrepin) sont a priori plus réactifs que la Ternoise, de par la taille du bassin versant notamment et leurs zones d'expansion de crue plus modestes. On y préfère donc une méthode donnant des débits supérieurs à ceux obtenus par ajustement statistique à la station de la Ternoise, notamment pour les premières crues débordantes. Ainsi, sur ces 6 affluents, la corrélation avec la station de l'Aa est retenue pour quantifier les débits caractéristiques.

Document de travail

En résumé, les débits retenus pour les modélisations sont les suivants :

	Superficie du bv (km²)	Méthode	Période de retour									
			2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans	200 ans	500 ans	1000 ans
Huitrepin	42	Corrélation avec l'ajustement statistique de l'Aa à Fauquembergues	5	7	**8**	9	9	10	**10**	11	11	**12**
Dordonne	52		6	9	**9**	10	11	12	**12**	13	13	**14**
Course	146		14	20	**22**	24	25	27	**28**	30	31	**32**
Bras de Brosnne	44		6	8	**8**	9	10	10	**11**	12	12	**12**
Créquoise	80		9	12	**13**	15	15	17	**17**	18	19	**20**
Planquette	57		7	9	**10**	11	12	13	**13**	14	15	**15**
Canche amont	332	Corrélation avec l'ajust. stat. de la Ternoise à Hesdin	11	15	**18**	20	21	24	**53**	82	121	**150**
Ternoise à Hesdin	343	Ajustement statistique + Gradex	12	16	**18**	21	22	24	**54**	84	124	**154**
Canche à Brimeux	923		22	29	**34**	38	41	44	**90**	136	197	**242**

Tableau 2-6 : Débits caractéristiques retenus pour les modélisations

b) *Pour les calculs de Strickler associés à l'analyse hydrogéomorphologique*

Les résultats de hauteurs d'eau et zones inondables obtenus par cette méthode présentent une plus grande marge d'incertitude que la modélisation. Cette marge est inhérente à la méthode : choix d'un coefficient de Strickler moyen, zonage par tronçons homogènes…etc.

Ainsi, dans un but sécuritaire, les débits caractéristiques qui sont retenus dans les zones concernées doivent être supérieurs ou égaux aux débits caractéristiques présentés dans le tableau précédent. C'est la raison pour laquelle ce sont les résultats des formules d'hydrologie qui sont ici retenus.

Afin de ne pas majorer outre mesure les résultats, les valeurs calculées par Crupedix (inférieures) sont préférées aux valeurs calculées par Socose (supérieures).

Dans le détail, on retient les résultats obtenus avec les données d'entrée issues des postes pluviométriques plutôt que des données Shyreg, car le fait de moyenner ces dernières sur de grands bassins versants n'est pas recommandé.

Les débits caractéristiques retenus pour l'analyse HGM couplée aux calculs de Strickler sont donc :

Bassin versant	Surf BV (km²)	CRUPEDIX (postes Météo France)	
		Q_{10}	Q_{100}
Huitrepin	42	8	15
Dordonne	52	9	19
Course	146	23	47
Bras de Brosnne	44	9	18
Créquoise	80	14	29
Planquette	57	11	22
Ternoise	343	43	86
Canche amont	332	42	84

Tableau 2-7 : Débits caractéristiques retenus pour l'analyse HGM/calculs de Strickler

Document de travail

3 Analyse hydrologique des crues historiques et définition de leur typologie

L'objectif est de faire la synthèse des caractéristiques hydrologiques des événements de crue marquants s'étant produits sur le bassin versant (caractérisation qualitative et/ou quantitative).

La finalité de cette analyse est de dégager une typologie des crues du territoire, afin d'une part d'identifier les crues représentatives qui pourront servir de signature aux crues caractéristiques et d'autre part de choisir les crues à simuler numériquement pour caler les modèles hydraulique et hydrologique.

3.1 Analyse des différents paramètres hydrologiques des crues

La liste des crues signalées dans les entretiens et relatées dans la bibliographie, présentées dans le LCOM2 du diagnostic initial, est ici reprise et insérée en annexe 1.

Parmi les 34 crues listées, 8 évènements peuvent être qualifiés de « crue de référence » (surlignés en orange dans les tableaux présentés ici), car ils semblent avoir particulièrement marqué les esprits, dans la mesure où ils sont cités par plusieurs sources distinctes. Ce sont les crues de :

- Février1988 ;
- Janvier 1995 ;
- Octobre 1998 ;
- Décembre 1999 ;
- Décembre 2000 ;
- Février 2002 ;
- Novembre 2009 ;
- Octobre 2012.

Dans les paragraphes qui suivent, les différentes caractéristiques hydrologiques des 34 crues sont analysées de façon à en extraire les traits communs et différences. L'ensemble de ces caractéristiques est détaillé dans le tableau de l'annexe 1. Un tableau de synthèse est présenté ci-dessous, commenté dans les paragraphes qui suivent.

Document de travail

Année	Période et/ou durée	Type d'inondation	Q Ternoise		Q Brimeux		Q Course	Z basse vallée (Attin)	Coeff marée au moment max Brimeux	Niveau de nappe	Localisation spatiale
			Qmax inst	nb pics	Qmax inst	nb pics					
1945-1950	-	-									A aval
1958	Novembre et décembre	Crue de la Canche, saturation de la nappe									C centre/aval
1959	-	Tempête et marée							+		C centre/aval
1961	Janvier	Débordement de la Canche et du ruisseau de la Madeleine Saturation de la nappe Grande marée									C centre/aval
1963	-	Coulées de boue									A aval
1966-1967	décembre	Fort débit de la Canche									C centre/aval
1975	-	Remontée de nappe									
1980	avril	-								+	
1981	-	Inondation des bas champs suite à des ruptures ponctuelles de digues									C aval
1984	Novembre 2 jours	-	-	1	-	1			+	-	C aval
1987	24 - 26 mars	-	-	1	-	1			-	o	
1988	Février (20 à 30 jours)	Coulée de boue Crue de la Canche Forte pluviométrie préalable saturant les sols Forte marée mais décalée par rapport à la crue Remontée de nappe	-	multi	o	1			-	+++	C centre C aval A aval
1990	Février	Débordement			-	1			o	o	C aval
1991	1 semaine en novembre	Coulée de boue Saturation préalable des sols	-	2	-	1			o	o	A aval
1992	décembre	-	-	1	-	1			o	+	A aval
1993	15 jours en décembre 30 déc / 3 fév	Saturation des sols, coulée de boue et grande marée			-				+	+	C centre C aval
1994	1 jour en juin et en août	Coulée de boue et crue	-	RAS	-	1			-	o	C Centre
1994	déc 1994 (8 au 10)	-	-	1	-	1			o	+	C aval
1995	Janvier (de déc. 1994 à avril 1995)	Saturation de la nappe, coulée de boue et grande marée Forte pluviométrie préalable saturant les sols Rôle important de la nappe surtout à l'amont, crue très longue (3 mois)	+	1	+	1			+	++/+++	Généralisée
1998	29 octobre au 4 novembre	Débordements (Canche, Course…) (crue rapide) Ruissellements, coulées de boue Forte pluviométrie préalable saturant les sols	-	multi	o	multi			++	++	C amont C centre C aval
1999	deuxième qinzaine de décembre	Débordement de cours d'eau (crue rapide) Saturation de la nappe et grande marée Ruissellements et coulées de boue Forte pluviométrie préalable saturant les sols	++	2	++	1			o	++	Généralisée
2000/2001	Novembre - décembre (plus long sur Canche aval)	Coulée de boue et ruissellements Crues Saturation de la nappe	o	multi	+				o	++	Ternoise C centre A centre A aval
2001	Février - mai	Remontée de nappe	o	2	o	multi			o	+++	Ternoise C centre C aval
2001	07-juil	Coulée de boue et crue	-	1	-	1			o	o	A centre
2001	décembre	montée des niveaux d'eau sans débordement	-	1	-	1			+	+	A aval
2002	2 jours Février / mars	Coulée de boue et ruiss. Crues Saturation de la nappe Débordement de la Canche aval	o	2	+	multi			++	++	Ternoise C centre C aval
2005	juillet	Crues et ruissellements, coulées de boue	++	1	o	1			o	o	C centre C aval
2006	4 au 11 décembre	Débordement de cours d'eau (crue rapide), remontées de nappe, ruissellements Saturation préalable des sols	-	2	-	2			+	++	
2009	novembre	débordement	-	2	-	2			-	o	C centre A centre A aval
2010	26 mai 6 juin	orage sur parcelles récemment semées --> ruissellement	-	RAS	-	RAS				o	A aval
2012	oct	ruissellements	-	2	-	2			+	o	A centre A aval
2012-2013	dec/janv	Débordement fluvial pur Forte saturation préalable des sols	o	2	+	multi		o	o/+	+++	C centre A centre A aval
2014	jan	Très forte influence maritme Débordements Saturation préalable des sols modérée	-	multi	-	multi		-	++	+	Ternoise C centre C aval
2015	jan	Ruissellements	-	2	-	1	-	-	-	+	C amont

"vide" = pas d'information

Périodes de retour :

-	<5 ans
o	5-10 ans
+	10-30 ans
++	30-60 ans
+++	>60 ans

- : dans lit
o : proche berge

-	40-60
o	60-80
+	80-100
++	100-120

A Preures :

-	.< moy
o	moy
+	moy< .<moy+5m
++	moy+5< .<moy+10m
+++	moy+10m <.

A = Affluents
C = Canche
T = Ternoise

Tableau 2-1 : Synthèse des caractéristiques hydrologiques des crues inventoriées

3.1.1 Période de survenue des événements

Les dates précises des crues sont indiquées dans le tableau de l'annexe 1. Le graphique ci-dessous en fait la synthèse, par mois calendaire.

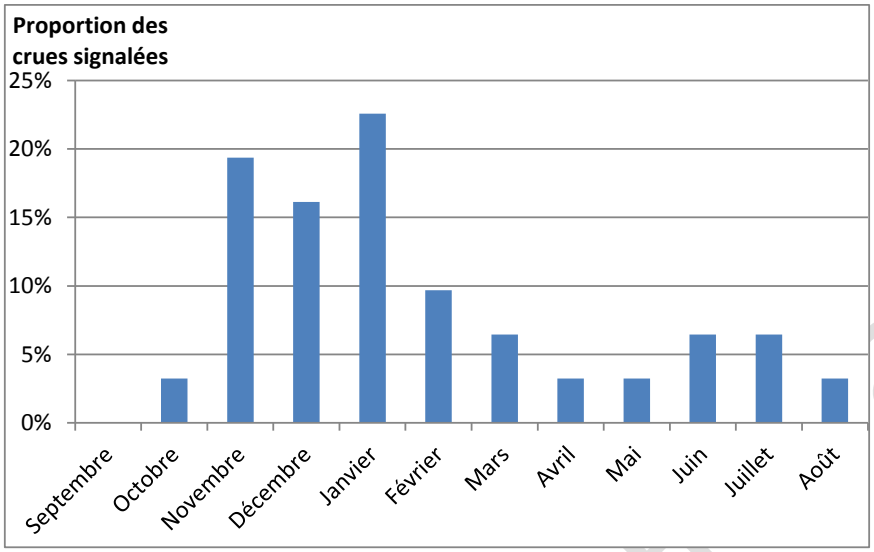

Figure 2-1 : Mois de survenue des crues du bassin versant de la Canche

Plus des trois quarts des événements signalés se produisent entre les mois d'octobre et mars, et tout particulièrement en début d'hiver (novembre, décembre, janvier), où surviennent près de 60% des crues.

On dénombre par ailleurs près de 20% de crues de printemps / été (entre mai et août) dans cette liste.

3.1.2 Localisation spatiale

Les secteurs du bassin versant de la Canche touchés par les crues varient selon les événements, à l'exception de deux crues qui semblent avoir touché quasiment l'ensemble du territoire : janvier 1995 et surtout décembre 1999.

Les informations recueillies sur la localisation spatiale des événements sont mentionnées dans le tableau de l'annexe 1 (informations non exhaustives). Elles sont complétées à l'aide des données de débits mesurés aux stations hydrométriques et synthétisées par grand secteur dans le Tableau 2-1.

Les grands secteurs sont déterminés et codifiés ainsi :

Document de travail

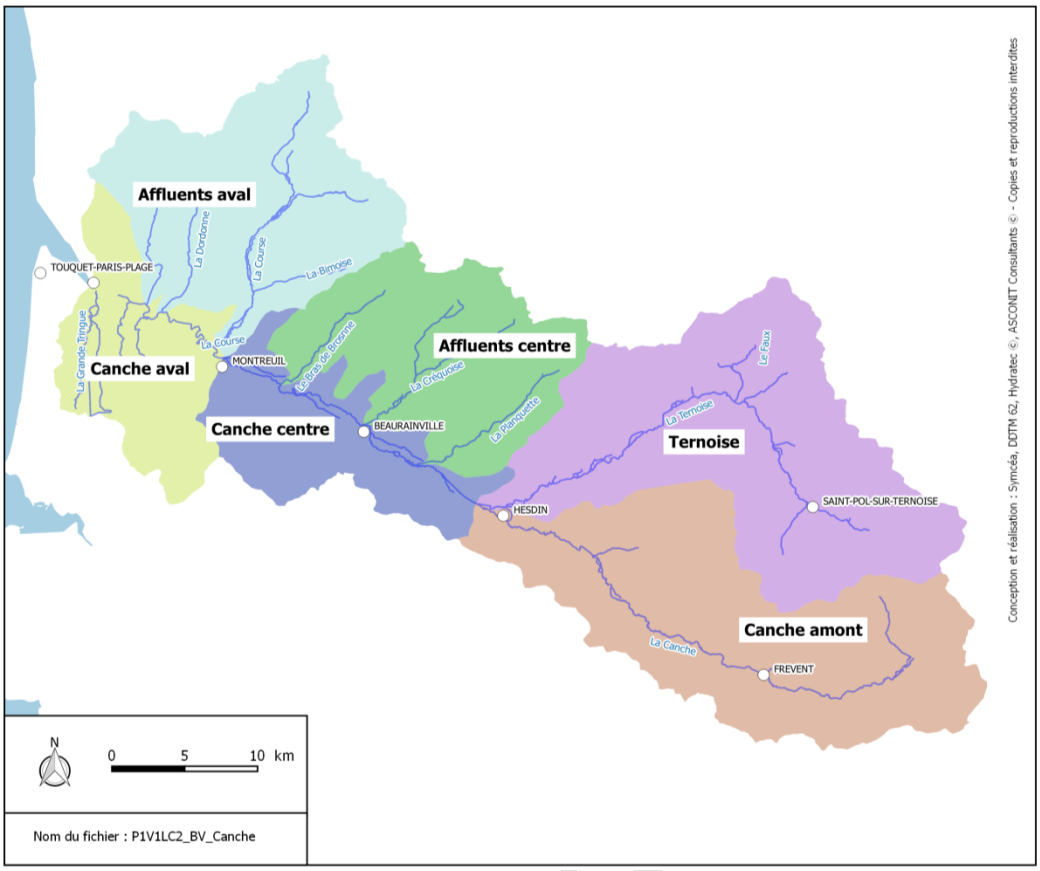

Figure 2-2 : Grands secteurs définis pour déterminer la localisation spatiale des crues

Les résultats sont récapitulés dans le graphique suivant.

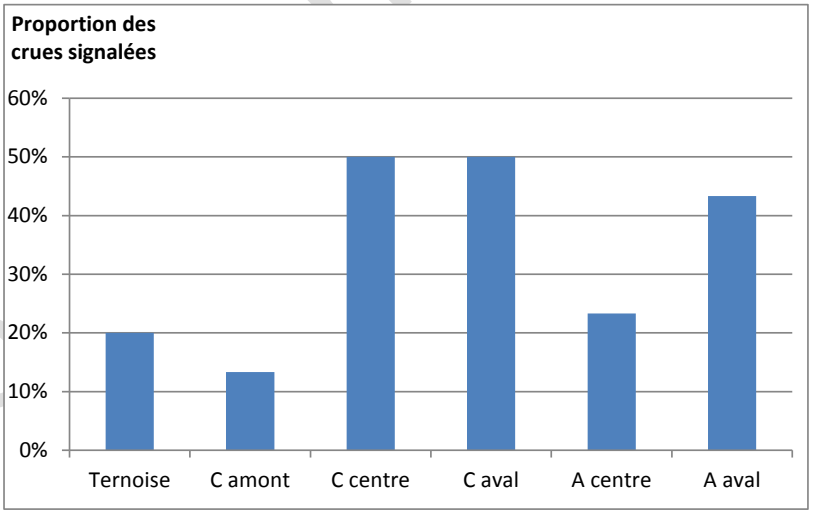

Figure 2-3 : Localisation des crues du bassin versant de la Canche

Les crues touchent majoritairement la Canche médiane (entre la confluence avec la Ternoise et Montreuil) et aval, pour la moitié d'entre elles. On note que les inondations de la Canche aval signalées peuvent être liées à une crue continentale et/ou une submersion marine.

Les affluents aval (Course, Dordonne, Huitrepin) sont également souvent touchés (plus de 40% des cas).

Les crues des 6 affluents médians et aval n'étant pas assez volumineuses pour générer à elles seules une crue importante de la Canche, ces dernières proviennent nécessairement de la Ternoise ou de la Canche amont (voire éventuellement d'une influence de la nappe en sus). Or les crues identifiées sur la Ternoise et la Canche amont ne totalisent que 32% des événements (contre 50% en Canche centrale). Cela peut être dû :

- à l'inexhaustivité des informations recueillies, notamment pour ce qui concerne la Canche amont, qui n'est pas instrumentée (son pourcentage est donc probablement sous-estimé par rapport à celui de la Ternoise) ;
- au rôle joué par la nappe dans certaines crues de la Canche moyenne et aval.

3.1.3 Débits et période de retour

Les deux seules stations hydrométriques disposant de mesures de débits relativement longues sont la Ternoise à Hesdin et la Canche à Brimeux. La station hydrométrique de la Course à Estrée, installée récemment, n'a mesuré que la crue de janvier 2015 parmi les crues listées.

Les débits mesurés lors du pic de crue (source Banque Hydro) sont consignés dans le tableau de l'annexe 1. Ces débits ont été corrigés au regard des résultats de la modélisation (réévaluation de certains débits de pointe à Hesdin et redressement de la courbe de tarage à Hesdin, cf. LCOM13-2).

Afin de pouvoir comparer l'intensité des crues entre elles et entre les deux stations hydrométriques, le Tableau 2-1 synthétise la force des crues selon les classes de période de retour suivantes :

-	<5 ans
o	5-10 ans
+	10-30 ans
++	30-60 ans
+++	>60 ans

Le calcul des périodes de retour repose sur les ajustements statistiques réalisés précédemment (loi de Gumbel + Gradex, cf. § 2.2.3).

Les résultats sont consignés dans le graphique ci-après.

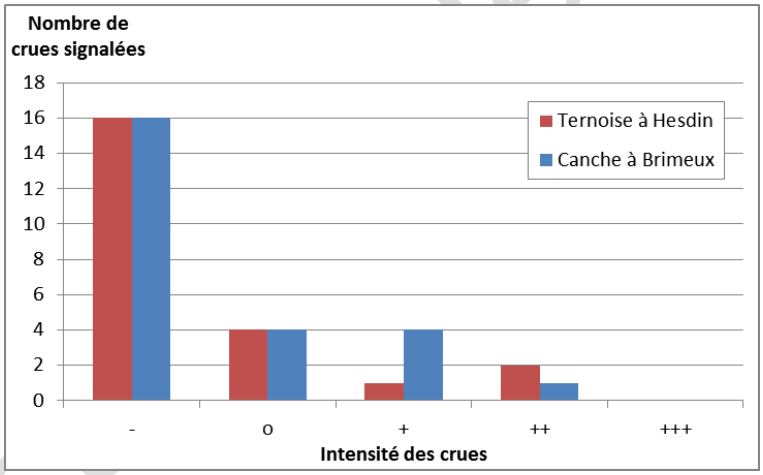

Figure 2-4 : Intensité des crues signalées et mesurées

On remarque tout d'abord que les crues identifiées n'excèdent pas la période de retour soixantennale, à Hesdin comme à Brimeux.

Parmi les crues signalées et mesurées, 5 crues sont de période de retour entre 30 ans et 60 ans sur la Canche à Brimeux (plus fortes crues mesurées : déc. 99, puis déc. 2012 et jan. 1995), et 3 sur la Ternoise (plus fortes crues mesurées : juill. 2005 puis déc. 1999 et jan. 1995). Cela signifie que les crues de cette intensité sont moins dommageables sur la Ternoise, car peu signalées.

En ce qui concerne l'évolution de l'intensité entre Hesdin (Ternoise aval) et Brimeux (Canche moyenne) :

- La période de retour de la crue reste dans la même gamme pour les 3/4 des crues, ce qui laisse penser que la genèse des crues de la Canche moyenne réside alors principalement dans le bassin versant de la Ternoise (et non de la Canche amont).
- Dans ¼ des cas (ici, 5 crues : f88, n98, j01, f02, d12) la période de retour augmente d'une classe entre Hesdin et Brimeux. La Canche amont a donc subi aussi une crue pour ces événements.
- Une seule crue voit sa période de retour diminuer (de deux classes) entre Hesdin et Brimeux : celle de juillet 2005. Pour celle-ci, il n'y a eu qu'une crue de la Ternoise, et pas du tout sur la Canche amont.

Document de travail

3.1.4 Allure des hydrogrammes

Le nombre de pics de crue consécutifs (à quelques jours d'intervalle maximum) est analysé pour chaque crue disposant d'un hydrogramme mesuré à Hesdin sur la Ternoise et/ou à Brimeux sur la Canche.

Il s'avère que toutes les crues survenues en été sont mono-pic. Il est en effet rare que deux trains de pluie extrêmes se succèdent à cette époque de l'année.

Concernant les crues d'hiver, les résultats sont consignés sur le graphique ci-dessous.

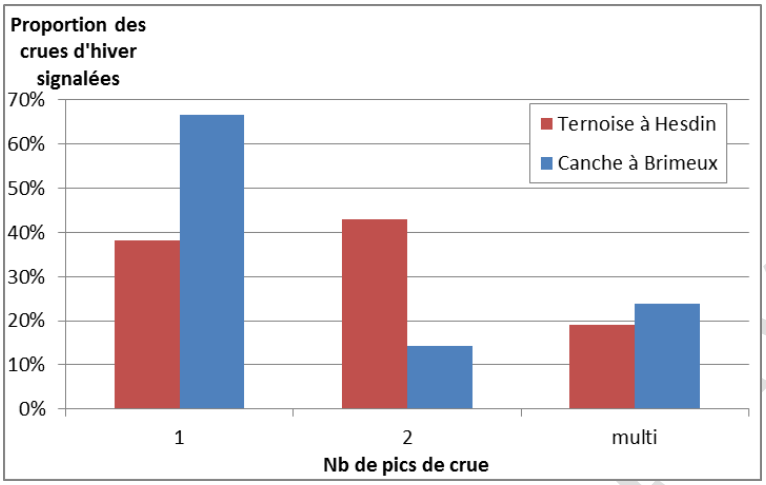

Figure 2-5 : Nombre de pics rapprochés des crues hivernales

Sur la Ternoise à Hesdin, les crues sont pour 40% mono-pic et pour 40% à 2 pics. Les crues multi-pics sont plus rares (20%). Ces réponses sont tributaires de la statistique de succession des trains de pluie.

Sur la Canche médiane, les 2/3 des crues hivernales mesurées sont mono-pic. Cela peut s'expliquer par un écrêtement naturel des événements lors de leur propagation depuis l'amont dans la large vallée.

3.1.5 La saturation initiale des sols

La saturation initiale des sols est signalée pour la moitié des événements hivernaux listés.

Ce ratio monte à 90% de crues si l'on considère les événements qui ont généré des débits supérieurs à 30 m^3/s (période de retour 5-10 ans).

3.1.6 L'influence de la nappe

Les variations du niveau de la nappe de la craie sont présentées sur le graphique ci-dessous, au droit des 4 piézomètres du bassin versant disposant des plus longues chroniques de mesures. Les crues inventoriées y sont figurées par des traits noirs verticaux.

Document de travail

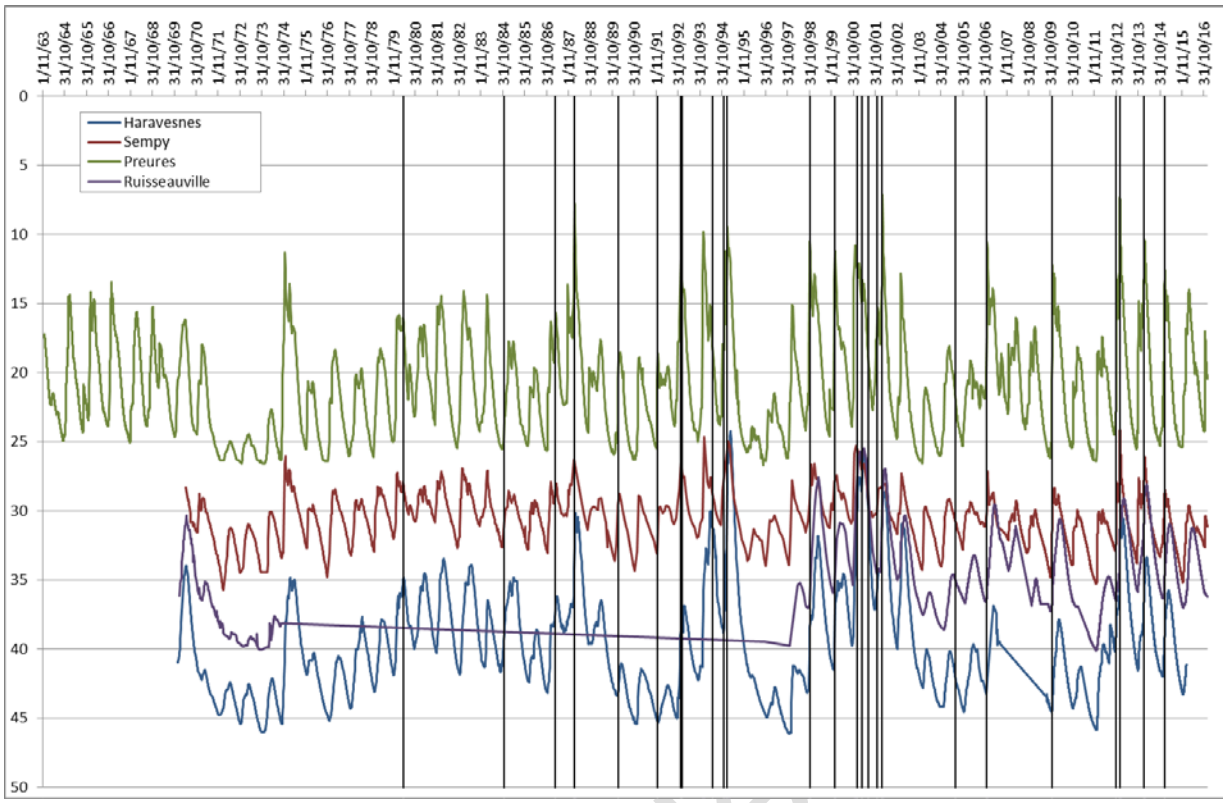

Figure 2-6 : Chroniques piézométriques de la nappe de la craie du bassin versant de la Canche

Pour chaque événement de crue, le niveau de nappe est codifié par rapport à sa moyenne et à l'amplitude maximale observée. Par exemple, pour le piézomètre de Preures,

- \- Niveau inférieur à la moyenne
- o Niveau moyen
- \+ Entre le niveau moyen et le niveau moyen +5m
- ++ Entre le niveau moyen +5m et le niveau moyen +10m
- +++ Niveau supérieur au niveau moyen +10m

Les résultats sont consignés dans le graphique ci-après pour les crues d'hiver :

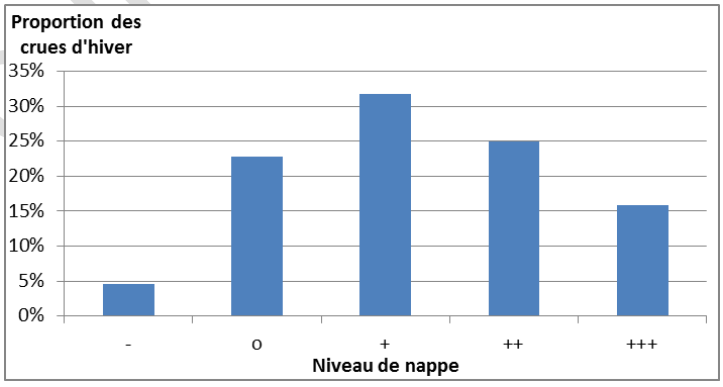

Figure 2-7 : Niveaux de la nappe de la craie lors des crues hivernales signalées

Pour 40% des crues (qualifiées « ++ » et « +++ »), le niveau piézométrique relativement élevé a probablement joué un rôle dans l'écoulement des crues de surface. Ce résultat coïncide avec les 9 événements pour lesquels le rôle de la nappe a été signalé dans les entretiens et la bibliographie.

Les événements présentant les niveaux de nappe les plus hauts sont, par ordre chronologique : février 1988, janvier 1995, mars 2001 et décembre 2012.

Document de travail

3.1.7 L'influence maritime

Concernant l'influence maritime, celle-ci est citée comme facteur aggravant dans la moitié des événements hivernaux recensés touchant la Canche aval.

En l'absence de marégraphe dans l'estuaire de la Canche, le second indicateur de cette influence est le coefficient de marée. On rappelle toutefois que la connaissance du coefficient de marée ne suffit pas à déterminer le niveau marin observé. Le niveau de mer réel peut en effet être sensiblement abaissé ou rehaussé par rapport aux prévisions, en fonction de divers paramètres climatiques ou physiques, dont la surcote. Les coefficients de marée sont donc fournis à titre informatif, et classifiés selon leur intensité :

- \- 40-60
- o 60-80
- \+ 80-100
- ++ 100-120

Les résultats, pour les crues touchant la Canche aval, figurent sur le graphe ci-dessous.

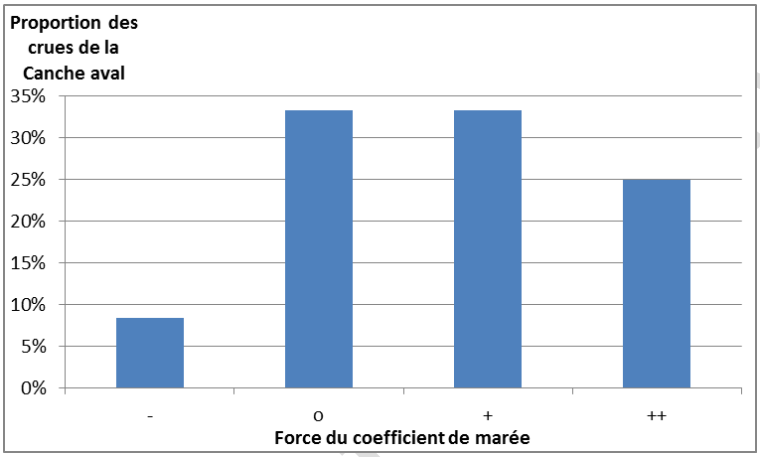

Figure 2-8 : Intensité du coefficient de marée au moment du pic de crue de la Canche aval

Modulo les imprécisions du paramètre considéré, ce graphique semble recouper la première information selon laquelle environ la moitié des crues signalées sur la Canche aval sont concomitantes avec des niveaux marins élevés.

3.2 Synthèse : Typologie des crues

Il existe une double typologie de crues sur le territoire.

Les crues hivernales, longues, peuvent être spatialement généralisées. Elles résultent le plus souvent de la conjonction de plusieurs facteurs : saturation préalable des sols suite à des mois de pluviométrie excédentaire, rôle de la nappe qui gonfle préalablement les débits, et dans la Canche aval un niveau marin élevé (éventuellement accentué par l'orientation et la force du vent). De ce fait, des inondations (par ruissellement et/ou par débordement) se produisent à chaque épisode pluvieux, même peu intense. Ces crues peuvent toucher n'importe quel secteur du bassin versant. Quand elles touchent la Canche médiane et aval, elles trouvent leur genèse sur la partie amont du bassin versant (Ternoise et/ou Canche). La nappe joue un rôle dans 40% des cas.

Les orages estivaux (printemps / été), courts et localisés. Leur intensité dépasse la capacité d'infiltration des sols. Ils génèrent quasi-exclusivement des ruissellements car le volume d'eau précipité n'est généralement pas suffisant pour provoquer des débordements conséquents de cours d'eau. Ces crues peuvent toucher les bassins versants et les affluents de la Canche, mais pas les vallées principales de Canche ou de la Ternoise, qui répondent à des précipitations plus généralisées. La nappe ne joue jamais de rôle dans ces événements.

On remarque par ailleurs deux cas de crues atypiques en particulier :

- la crue de **juillet 2005**, crue d'été courte et intense, mais qui se distingue de la catégorie usuelle des orages estivaux car elle a été généralisée et a généré des débits importants même à l'exutoire de grands bassins versants (plus fort débit mesuré sur la Ternoise à Hesdin et débit important mesuré à Brimeux). Cela est dû au fait que cette crue est survenue à un moment charnière où les sols étaient nus.

Document de travail

- la crue d'**octobre 2012** sur la Dordonne et l'Huitrepin, même si elle n'y était pas instrumentée à cette époque (pas de station hydrométrique), a donné lieu à des ruissellements brefs et intenses en automne sur ces deux bassins versants, provoquant de nombreux dégâts. Cette fois, c'est le travail agricole préalable des sols saturés en eau qui a tassé et imperméabilisé les sols, et considérablement augmenté les coefficients de ruissellement habituellement faibles à cette époque de l'année.

Ces deux exemples attestent que le couvert végétal et le travail du sol peuvent faire basculer un événement de crue d'une typologie vers l'autre, provoquant des **crues « hybrides »**.

3.3 Choix des crues de calage

3.3.1 Méthode de sélection

Pour la modélisation qui sera mise en œuvre (modèle pluie/débit destiné à alimenter un modèle hydraulique de vallée), ce sont les crues hivernales qui sont intéressantes à simuler, car celles qui génèrent des variations de débits significatives et généralisées, qui permettent de mettre à l'épreuve le modèle sur d'importants linéaires simultanément.

Par ailleurs, les crues trop anciennes ne sont pas exploitables pour caler le modèle, car le contexte physique (occupation des sols) et la gestion de l'eau du territoire (création d'ouvrages, comme des retenues dans les bassins versants ou les digues en basse vallée) ont fortement évolué, et nous ne disposons pas des informations nécessaires sur la configuration de l'époque. Ainsi, les crues antérieures à 1995 sont écartées a priori pour le calage.

Pour les événements hivernaux à partir de 1995, le tableau ci-dessous reprend les principales conclusions de l'analyse précédente, en y ajoutant les données de calage disponibles pour chaque crue :

- repères de crue,
- zones inondées constatées (ZIC),
- stations hydrométriques ouvertes : Hesdin et Brimeux, mais aussi la Course à Estrée et aussi la mesure de cote de la Canche à Attin.

Sont également spécifiés si la crue a fait l'objet d'une modélisation par le Shapi dans le cadre de la modélisation de la basse vallée de la Canche par la DREAL ; pour ces crues uniquement, on dispose du marégramme réel (calculé) dans l'estuaire de la Canche.

Les crues de calage sont ensuite choisies pour :

- leur intensité : il faut des crues plus ou moins débordantes ;
- mobiliser l'ensemble des territoires ;
- être représentatives d'une typologie, et non atypiques ;
- simuler plusieurs configurations différentes d'influence maritime ;
- disposer d'un maximum de données de calage ;
- disposer d'un maximum de données d'entrée.

Document de travail

Année	Période et/ou durée	Repère de crue	ZIC	Q max			Z basse vallée (Attin)	Marégramme estuaire	Nb pics		Niveau de nappe	Coeff marée au moment max Brimeux	Localisation spatiale
				Ternoise	Brimeux	Course			Ternoise	Brimeux			
1995	Janvier (de déc. 1994 à avril 1995)	1 Canche	x	+	+			x	1	1	++/+++	+	Généralisée
1998	29 octobre au 4 novembre			-	o				multi	multi	++	++	C amont C centre C aval
1999	**deuxième qinzaine de décembre**	**1 Canche**	**X**	**++**	**++**			**x**	**2**	**1**	**++**	**o**	**Généralisée**
2000/2001	Novembre - décembre (plus long sur Canche aval)			o	+				multi		++	o	Ternoise C centre A centre A aval
2001	Février - mai			+	++						+++	o	Ternoise C centre C aval
2001	décembre			o	o						+	+	A aval
2002	**2 jours Février / mars**		**x**	**o**	**+**				**2**	**multi**	**++**	**++**	**Ternoise C centre C aval**
2006	4 au 11 décembre			-	-				2	2	++	+	-
2009	novembre			-	-				2	2	o	-	C centre A centre A aval
2012	oct	12 Dordonne Huitrepin		-	-				2	2	o	+	A centre A aval
2012-2013	**dec/janv**	**2 Canche**		**o**	**+**		**o**	**x**	**2**	**multi**	**+++**	**o/+**	**C centre C aval A centre A aval**
2014	jan			-	-		-	x	multi	multi	+	++	Ternoise C centre C aval
2015	jan			-	-	-	-	x	2	1	+	-	C amont

"vide" = pas d'information

-	<5 ans
o	5-10 ans
+	10-30 ans
++	30-60 ans
+++	>60 ans

- : lit min
o : proche berge

A Preures :
- - .< moy
- o moy
- + moy< .<moy+5m
- ++ moy+5< .<moy+10m
- +++ moy+10m <.

-	40-60
o	60-80
+	80-100
++	100-120

Document de

Tableau 2-2 : Synthèse des caractéristiques des crues et des données disponibles

Document de travail

3.3.2 Quelles crues simuler pour caler le modèle ?

En suivant la méthode exposée ci-avant, les crues de calage du modèle suivantes sont pertinentes :

- Décembre 1999,
- Février 2002,
- Décembre 2012.

Les hydrogrammes correspondants sont présentés ci-dessous.

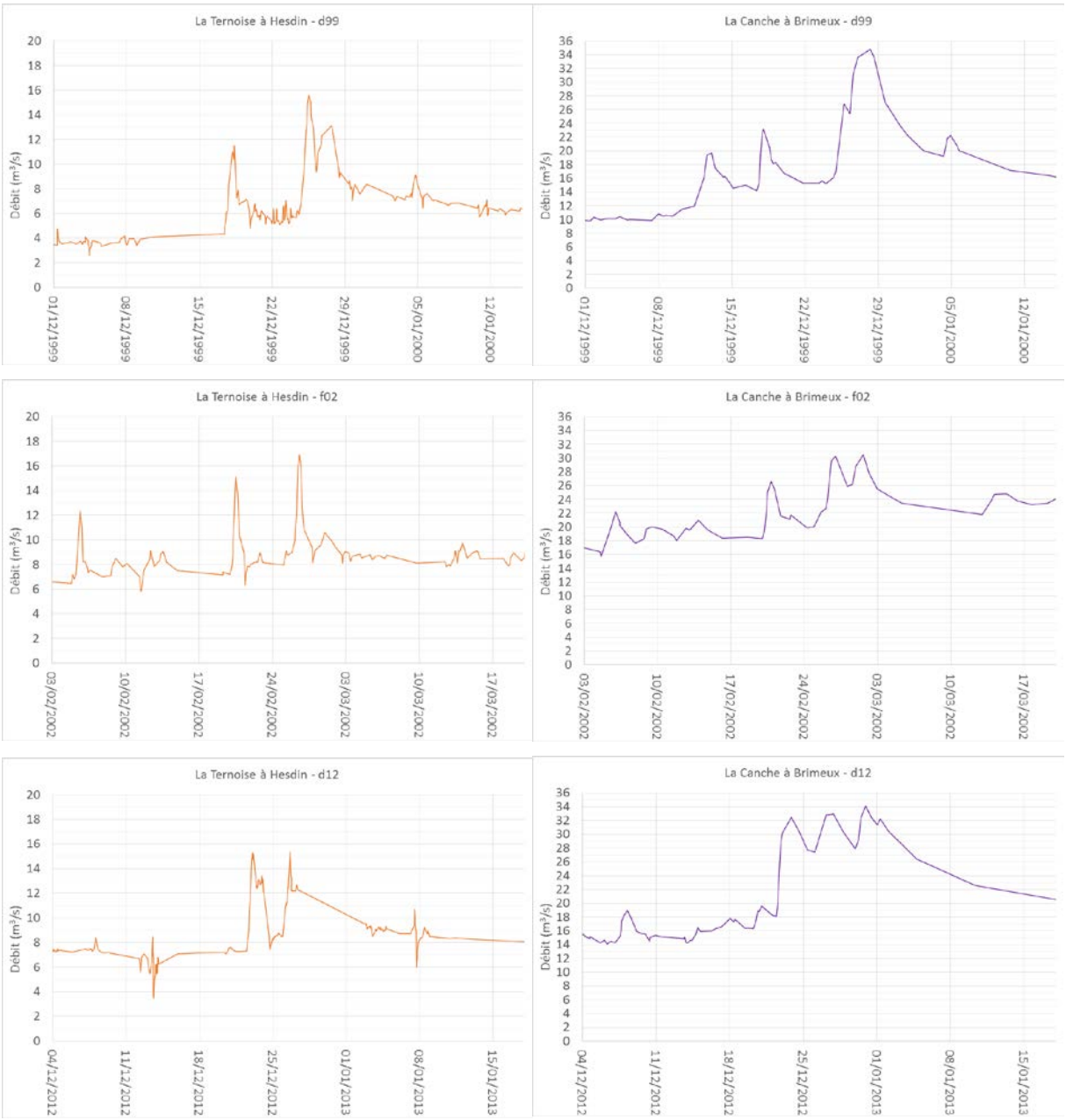

Figure 2-9 : Hydrogrammes des crues de calage

Le raisonnement poursuivi pour définir cette sélection est le suivant :

La crue de **décembre 1999** est choisie car il s'agit de la plus forte crue mesurée à Brimeux (en débit et en hauteur) et la deuxième plus importante à Hesdin. Elle est donc nécessaire pour caler les crues fortes de la Canche. Elle dispose par ailleurs de données de calage (1 repère de crue et la ZIC la plus étendue). Son marégramme est connu dans l'estuaire. Cette crue permettra également de caler les crues faiblement débordantes de la Ternoise (qui a a priori peu débordé pour cette crue).

La crue de **février 2002** est quant à elle choisie car elle est complémentaire de la crue de d99 en plusieurs points :

- elle trouve sa genèse sur la Canche amont et la Ternoise. La crue de d99 est quant à elle plutôt générée par la Ternoise,
- c'est une crue peu débordante sur la Ternoise, ce qui permet de caler les faibles crues de ce sous-bassin versant (et les coefficients de Strickler du lit mineur du modèle hydraulique),
- elle est multi-pics à Brimeux (1 seul pic pour d99),
- son influence maritime est forte en basse vallée.

La crue de **décembre 2012** présente quant à elle plusieurs avantages :

- Si la force des crues semble identique au premier abord à celle de décembre 1999, son hydrogramme est en fait beaucoup plus volumineux, ce qui est intéressant à la fois pour le modèle hydraulique et pour le modèle hydrologique (mais aussi pour la connaissance des aléas).
- Les niveaux d'eau en basse vallée sont très bien connus : elle dispose d'un marégramme dans l'estuaire (comme d99, mais pas f02) et elle permet d'exploiter deux repères de crue sur la Canche et le limnimètre d'Attin.
- Elle semble avoir touché en particulier la partie aval du bassin versant, et notamment les affluents rive droite.

Enfin, ce choix corrobore le fait que certaines autres crues ne sont pas pertinentes à exploiter pour le calage des modèles, comme notamment :

- Crue de janvier 1995 : la crue de l'ancien PPRI est, d'après la littérature, trop ancienne pour pouvoir être correctement calée : les modifications de digues dans la basse vallée notamment ont fortement modifié l'aléa de ce secteur ;
- Crues d'octobre 2012 et de juillet 2005 : crues atypiques (cf. § 3.2) pendant lesquelles les paramètres physiques du territoire (et donc le coefficient de ruissellement) étaient particulièrement défavorables. Elles ne peuvent donc nécessairement pas être calées avec les mêmes paramètres que les autres événements.
- Crue de janvier 2015 : c'est la seule crue qui dispose d'un élément de calage sur la Course. Elle est néanmoins peu intéressante avec sa période de retour de 3-5 ans sur le territoire.

Nota :

Les explications ci-dessus valent pour le choix des crues de calage du modèle. Les autres crues, notamment les crues atypiques, pourront toutefois être simulées ultérieurement à la demande du maître d'ouvrage, afin de mettre en exergue les impacts induits sur les débits générés par le faible couvert végétal, le travail du sol, ou les remontées de nappe par exemple.

A noter que les aménagements qui pourraient être préconisés dans le programme d'actions du PAPI visent la réduction des risques d'inondation des crues « usuelles » représentatives de la typologie des événements.

ANNEXES

ANNEXE n°1

Ajustements statistiques des sous bassins versants non jaugés de la Canche

Cette annexe présente les ajustements statistiques des six sous bassins versants non jaugés de la Canche.

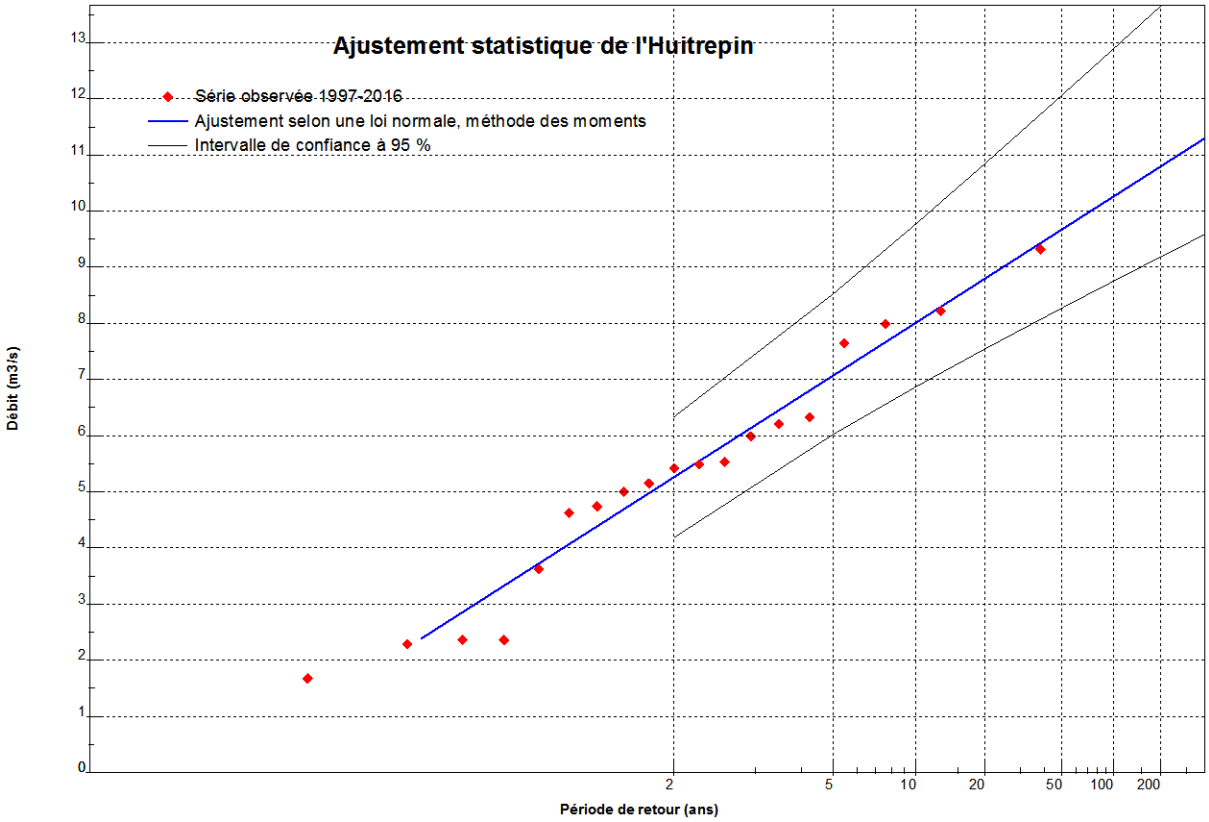

Figure 3-10 : Ajustement statistique sur l'Huitrepin

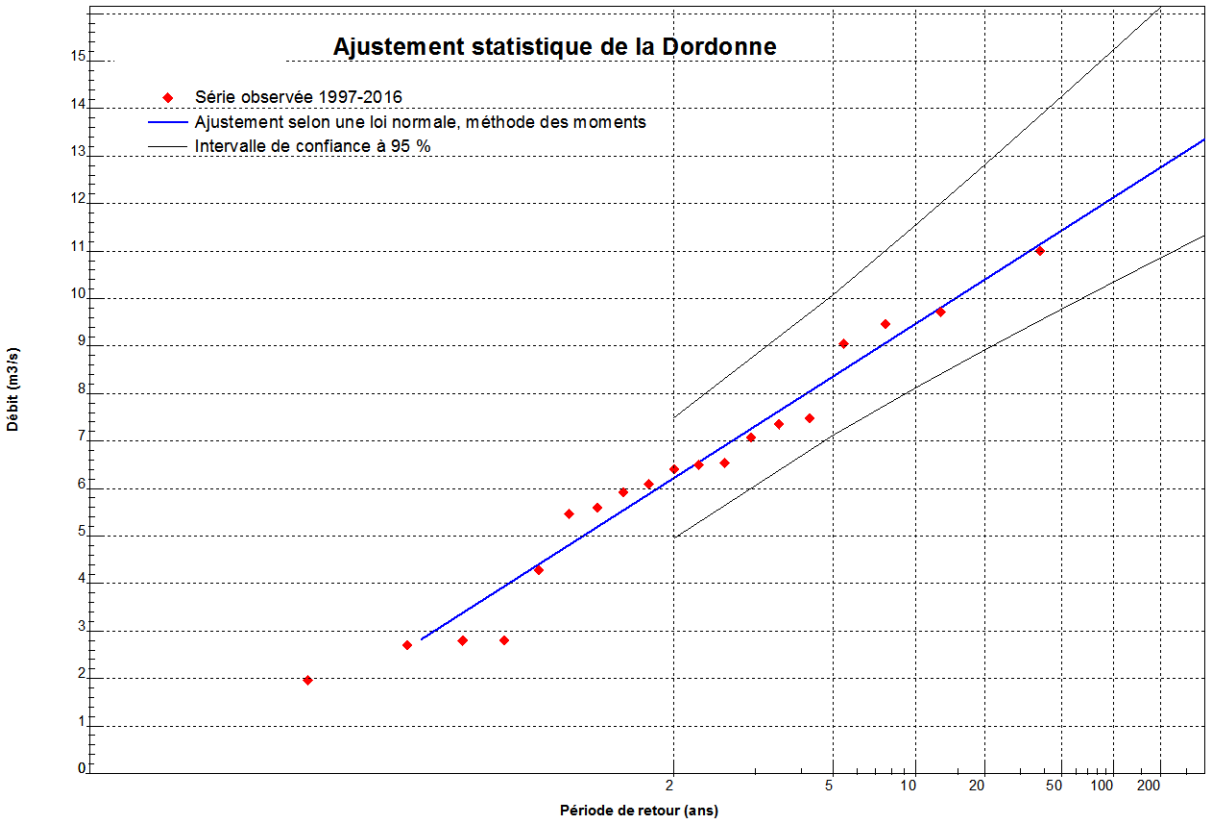

Figure 3-11 : Ajustement statistique sur la Dordonne

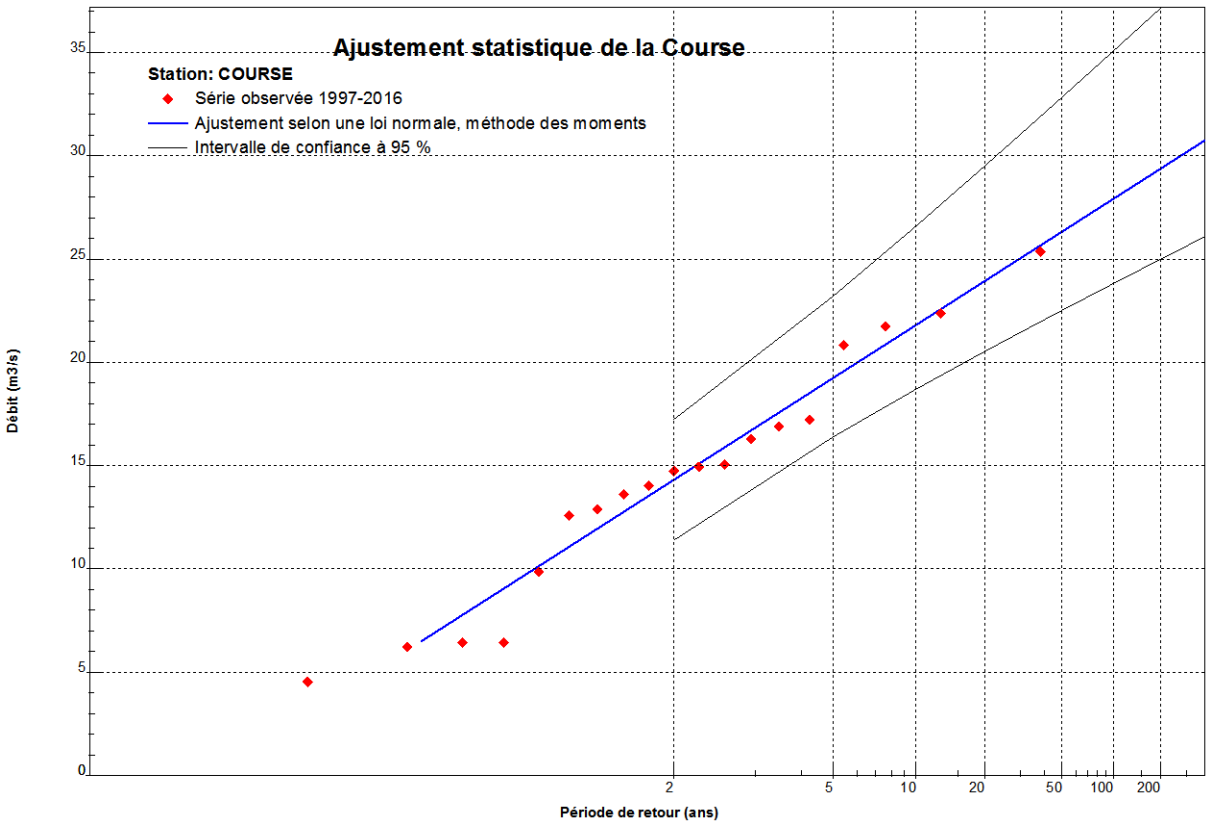

Figure 3-12 : Ajustement statistique sur la Course

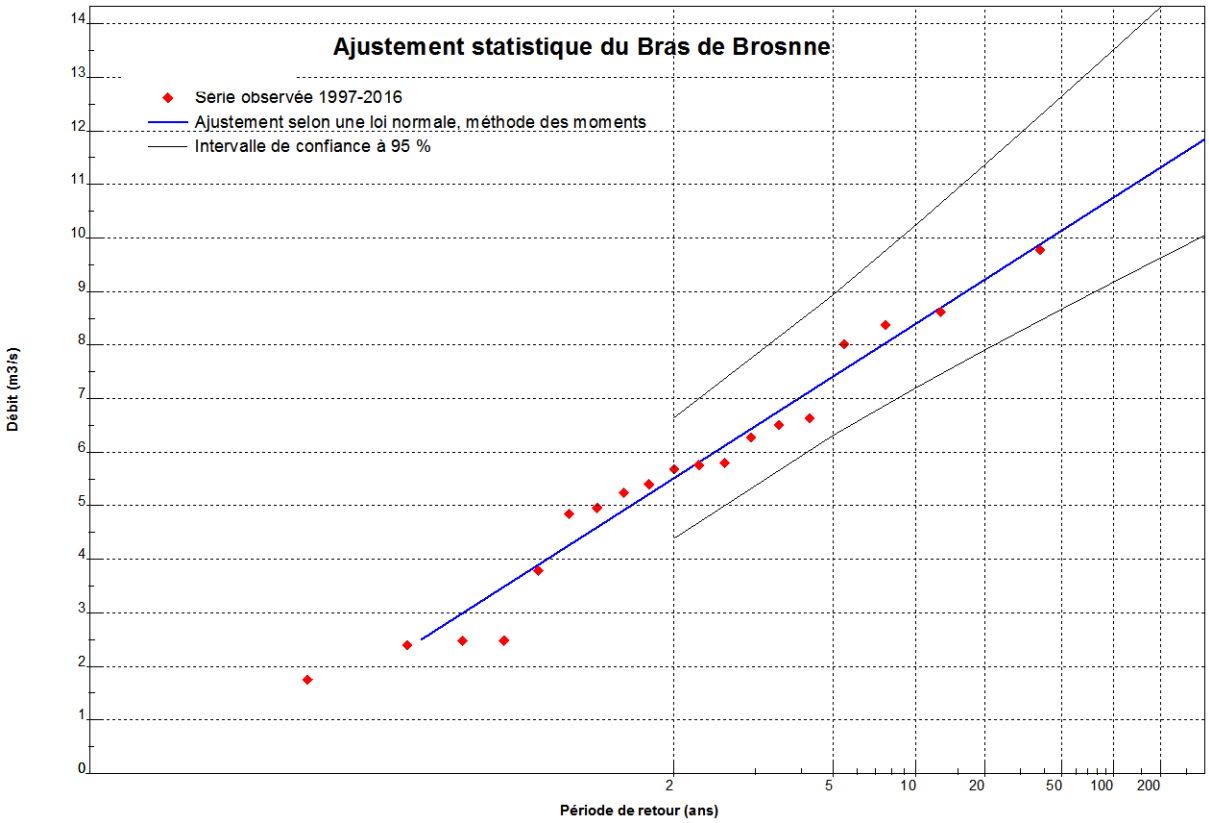

Figure 3-13 : Ajustement statistique sur le Bras de Brosnne

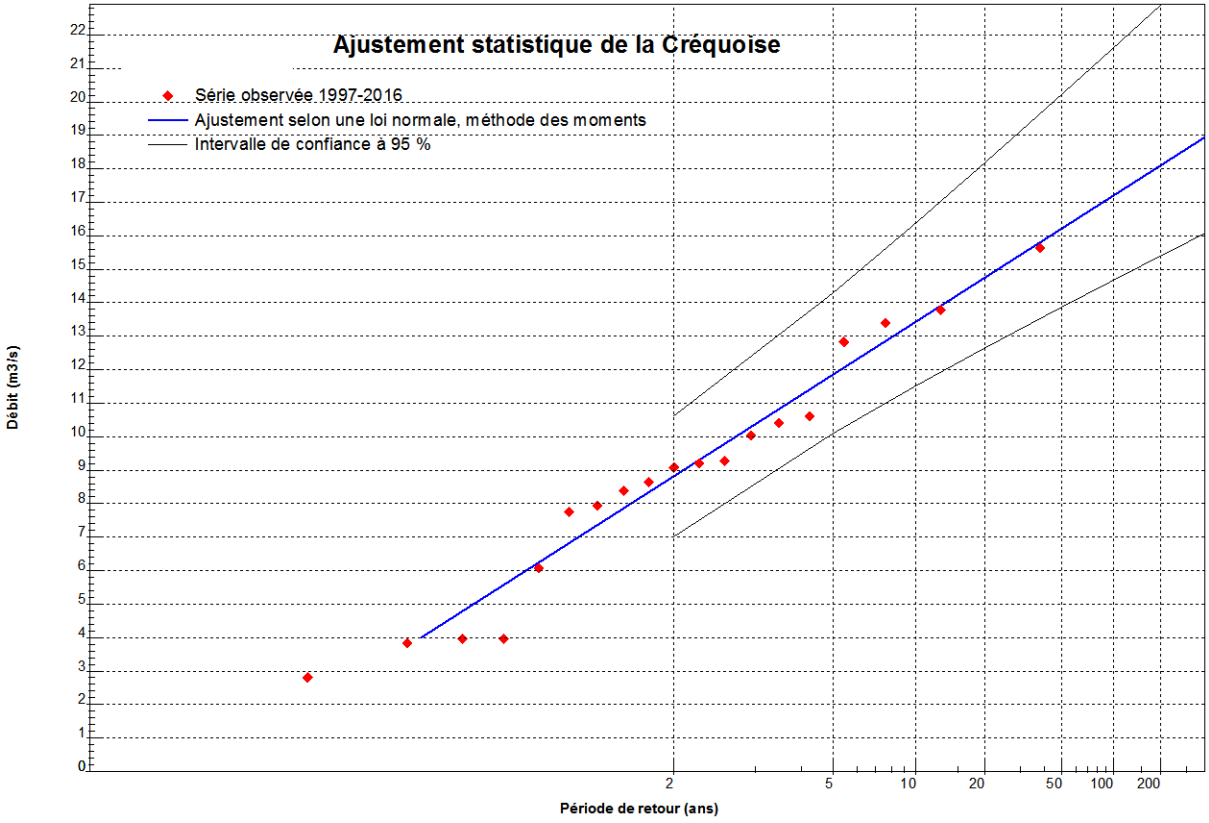

Figure 3-14 : Ajustement statistique sur la Créquoise

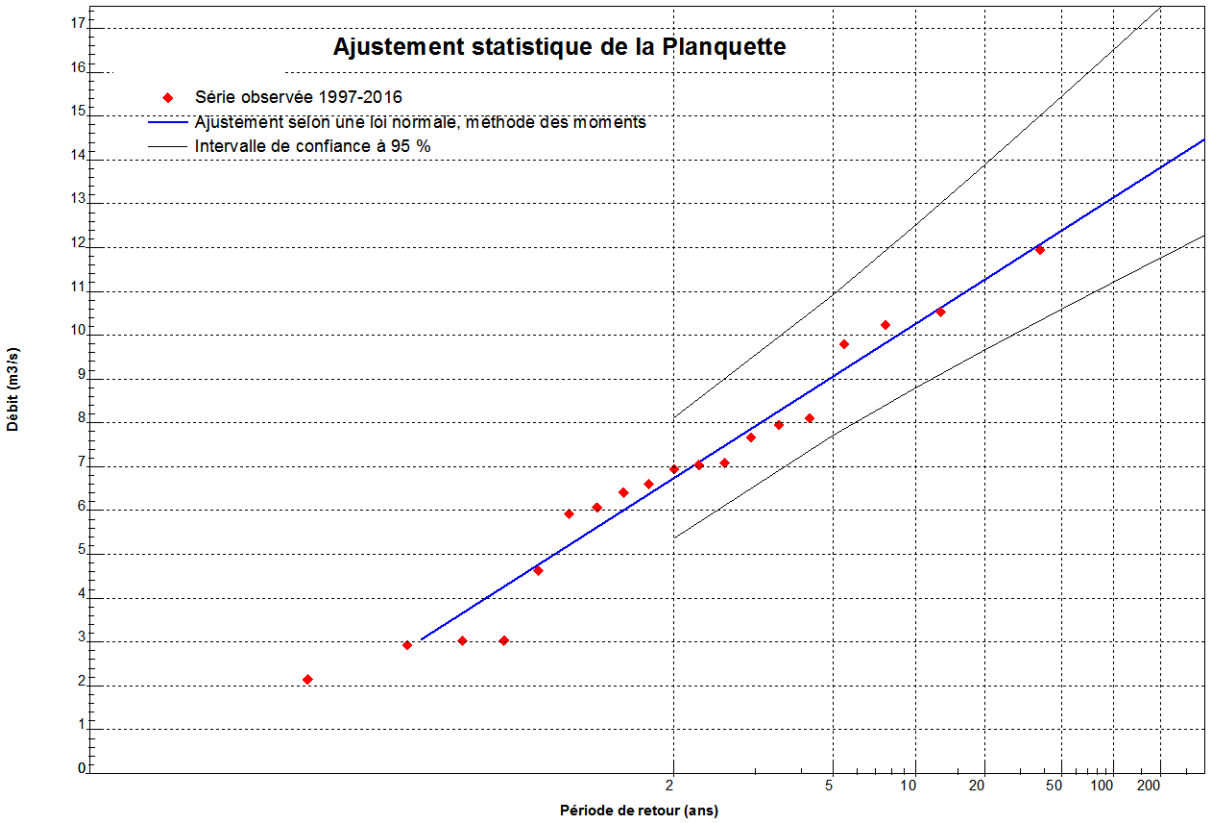

Figure 3-15 : Ajustement statistique sur la Planquette

ANNEXE n°2

Caractéristiques hydrologiques des crues inventoriées

Année	Période et/ou durée	Communes ou CC concernées	Type d'inondation	Q Ternoise			Q Brimeux			Q Course	Z basse vallée (Attin)	Coeff marée au moment max Brimeux
				Date	Qmax inst	nb pics	Date	Qmax inst	nb pics			
1945-1950	-	CC Desvres Samer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1958	Novembre et décembre	Marais de Marles, Beaumerie, Neuville et Montreuil	Crue de la Canche, saturation de la nappe	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1959	-	Marais de Marles, Beaumerie, Neuville et Montreuil	Tempête et marée	-	-	-	-	-	-	-	-	97
1961	Janvier	Canche aval	Débordement de la Canche et du ruisseau de la Madeleine Saturation de la nappe Grande marée	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1963	-	CC Mer et Terres d'Opale	Coulées de boue	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1966-1967	décembre	Marais de la basse vallée	Fort débit de la Canche	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	-		Remontée de nappe	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1980	avril	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	-	Canche aval	Inondation des bas champs suite à des ruptures ponctuelles de digues	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1984	Novembre 2 jours	Rive gauche de la Canche entre Brexent Enocq et Etaples	-	25-nov	10.5	1	25-nov	21.5	1	-	-	96
1987	24 - 26 mars	-	-	24-mars	12.2	1	25-mars	24	1	-	-	51
1988	Février (20 à 30 jours)	CC Mer et Terres d'Opale CC Montreuillois Canche moyenne et aval	Coulée de boue Crue de la Canche Forte pluviométrie préalable saturant les sols Forte marée mais décalée par rapport à la crue Remontée de nappe	04-févr	12	multi	11-févr	32 *	1	-	-	40
1990	Février	Canche aval	Débordement	-	-	-	15-févr	18.8	1	-	-	72
1991	1 semaine en novembre	Huitrepin	Coulée de boue Saturation préalable des sols	19-nov	6.25	2	20-nov	13.6	1	-	-	75
1992	décembre	CC Mer et Terres d'Opale CC Desvres Samer	-	07-déc	10.9	1	07-déc	21.8	1	-	-	62
1993	15 jours en décembre 30 déc / 3 fév	Moitié aval	Saturation des sols, coulée de boue et grande marée	-	-	-	03-janv	27.8	-	-	-	83
1994	1 jour en juin et en août	-	Coulée de boue et crue	RAS	RAS	RAS	05-juin	20.4	1	-	-	55
1994	déc 1994 (8 au 10)	Canche aval	-	09-déc	10.9	1	09-déc	27	1	-	-	66
1995	Janvier (de déc. 1994 à avril 1995)	CC Atrébatie CC Mer et Terres d'Opale CC Montreuillois, Canche moyenne et aval	Saturation de la nappe, coulée de boue et grande marée Forte pluviométrie préalable saturant les sols Rôle important de la nappe surtout à l'amont, crue très longue (3 mois)	31-déc	19	1	30-janv	40.3 *	1	-	-	95
1998	29 octobre au 4 novembre	CC Atrébatie CC Montreuillois CC Pernois Course aval Aubin-st-Vaast	Débordements (Canche, Course…) (crue rapide) Ruissellements, coulées de boue Forte pluviométrie préalable saturant les sols	01-nov	11.8	multi	04-nov	33 *	multi	-	-	110
1999	deuxième qinzaine de décembre	CC Atrébatie, CC 7 Vallées, CC Fruges, CC Montreuillois, CC Opale Sud, CC Pernois, CC 2 Sources, CC Vertes Collines du St Polois	Débordement de cours d'eau (crue rapide) Saturation de la nappe et grande marée Ruissellements et coulées de boue Forte pluviométrie préalable saturant les sols	25-déc	22.7 *	2	28-déc	42.4 *	1	-	-	77
2000/2001	Novembre - décembre (plus long sur Canche aval)	CC 7 Vallées, CC Fruges, CC Mer et Terres d'Opale, CC Pernois, CC Desvres Samer	Coulée de boue et ruissellements Crues Saturation de la nappe	05-janv	17.3	multi	05-janv	38.1 *	-	-	-	75
2001	Février - mai	CC Vertes Collines du St Polois, Canche aval	Remontée de nappe	21-mars	16.7	2	22-mars	32.4	multi	-	-	65
2001	07-juil	CC 7 Vallées	Coulée de boue et crue	07-juil	15.7	1	08-juil	28.5	1	-	-	75
2001	décembre	CC Mer et Terres d'Opale	montée des niveaux d'eau sans débordement	30-nov	7.35	1	30-nov	21.2	1	-	-	83
2002	2 jours Février / mars	CC Mer et Terres d'Opale, CC Montreuillois, Hestrus et Eps Bas champs non endigués	Coulée de boue et ruiss. Crues (Débordement de la Canche aval) Saturation de la nappe	26-févr	16.9	2	26-févr	34 *	multi	-	-	115
2005	juillet	CC Mer et Terres d'Opale, CC Vertes Collines du St Polois	Crues et ruissellements, coulées de boue	04-juil	-	1	05-juil	31.8 *	1	-	-	65
2006	4 au 11 décembre	-	Débordement de cours d'eau (crue rapide), remontées de nappe, ruissellements Saturation préalable des sols	09-déc	12.3	2	08-déc	27	2	-	-	80
2009	novembre	Vallée de la Ternoise (Auchy-les-Hesdin) Vallée de la Canche rive gauche (Maresquel, Beaurainville, Lespinoy, Brimeux, Buire, Boisjean, Ecuires) Vallée de la Canche rive droite (Saint-Denoeux-Marenla) Vallée de la Planquette Vallée de la Créquoise (Loison-surcréquoise) Vallée de la Course (Hucqueliers, Bezinghem, Preures, CC Desvres Samer) Vallée de la Dordonne (Hubersent, Longvilliers)	débordement	28-nov	11.8	2	28-nov	26.2	2	-	-	50
2010	26 mai 6 juin	Etaples (captage Rombly-Valigot) ; Vallée de la Dordonne (Cormont, Longvilliers, Maresville, Bréxent) ; Vallée de l'Huitrepin (Frencq, Tubersent) ; Vallée de la Course (Bernieulles, Inxent et Beussent) CC Desvres Samer	orage sur parcelles récemment semées --> ruissellement	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	-	-	-
2012	oct	Vallées de la Dordonne (Hubersent, Cormont, Longvilliers, Maresville, Bréxent) et de l'Huitrepin Vallée de la Planquette, Bras-de-Bronne, Etaples Vallée de la Course (Beussent, Inxent, Estrée, Attin) ; Humbert, Hucqueliers CC Desvres Samer	ruissellements marée Saturation préalable des sols Couverture des sols exceptionnellement faible	02-nov	10.9	2	30-oct	28.9	2	-	-	84
2012-2013	dec/janv	Marais de la Canche, CCMTO, CC 7 vallées, CC Fruges, CC Hucqueliers, CC Montreuillois	Débordement fluvial pur Forte saturation préalable des sols Pas d'influence de nappe	26-déc	17.4 *	2	30-déc	40.6 *	multi	-	6.12	80
2014	jan	CC 7 Vallées, CC Pernois, CC Vertes collines	Très forte influence maritme Débordements Saturation préalable des sols modérée	28-janv	13.2	multi	01-févr	27.1	multi	-	5.88	114
2015	jan	CC Atrébatie	Ruissellements	14-janv	12.7	2	14-janv	27.5	1	11.1	5.16	40

- = pas d'information

* Débit réévalué suite à modélisation