

Etude hydrologique et hydraulique sur les bassins versants du Boulonnais



LIVRABLE n°2
Bassin versant de la Liane

Affaire n° 14-391-01			
Version	Date	Rédigé par	Validé par
0	27/07/2015	F. DOUSSIÈRE / A. CHEVALIER	M. DELBEC
0.1	13/10/2015	F. DOUSSIÈRE / A. CHEVALIER	M. DELBEC

Table des matières

<u>1 -Préambule.....</u>	<u>4</u>
<u>1.1Rappels.....</u>	<u>4</u>
<u>1.2Contenu du rapport.....</u>	<u>4</u>
<u>1.3Synthèse-conclusions.....</u>	<u>4</u>
<u>2 -Calage du modèle hydrologique et hydraulique de la Liane.....</u>	<u>6</u>
<u>2.1Principe du calage et valeurs retenues.....</u>	<u>6</u>
<u>2.2Précisions sur certains éléments de modélisation.....</u>	<u>7</u>
<u>2.3Calage de la crue de décembre 2006.....</u>	<u>8</u>
<u>2.3.1Calage hydrologique.....</u>	<u>8</u>
<u>2.3.2Calage hydraulique.....</u>	<u>9</u>
<u>2.4Calage de la crue de novembre 2009.....</u>	<u>11</u>
<u>2.4.1Calage hydrologique.....</u>	<u>11</u>
<u>2.4.2Calage hydraulique.....</u>	<u>11</u>
<u>2.5Calage de la crue de novembre 2012.....</u>	<u>15</u>
<u>2.5.1Calage hydrologique.....</u>	<u>15</u>
<u>2.5.2Calage hydraulique.....</u>	<u>16</u>
<u>2.6Conclusion sur le calage.....</u>	<u>16</u>
<u>3 -Scénarios de référence.....</u>	<u>17</u>
<u>3.1Définition des scénarios.....</u>	<u>17</u>
<u>3.2Interprétation des résultats.....</u>	<u>20</u>
<u>4 -Fonctionnement hydraulique des bassins de rétention.....</u>	<u>24</u>

Index des illustrations

Figure 1 : Exemple de modélisation d'un remblai en lit majeur de la Liane.....	8
Figure 2 : Hydrogrammes mesuré et simulé à la station de Wirwignes (second épisode de la crue de décembre 2006).....	9
Figure 3 : Points de jaugeage et hydrogramme simulé à la station de Wimille (crue de novembre 2009).....	11
Figure 4 : Hydrogrammes mesuré et simulé à la station de Wirwignes lors de la crue de novembre 2012.....	16
Figure 5 - Évolution des cumuls de pluies historiques et de projet à Desvres.....	17
Figure 6 - Pluies de projet suivant différents scénarios.....	18
Figure 7 - Répartition spatiale des pluies basée sur une moyenne des événements historiques.....	19
Figure 8 - Marégramme de projet à Boulogne-sur-Mer.....	20
Figure 9 : Comparaison des débits à la station de Wirwignes.....	20

Index des tables

Tableau 1 : Classes de validité du calage hydraulique du modèle.....	6
Tableau 2 : Calage du niveau d'eau dans le lit mineur de la Liane pour la crue de décembre 2006...10	
Tableau 3 : Calage du niveau d'eau dans le lit mineur de la Liane pour la crue de novembre 2009...12	
Tableau 4 : Calage de la hauteur d'eau dans le lit majeur de la Liane pour la crue de novembre 2009	13
Tableau 5 : Calage hydraulique de la Liane pour l'événement de novembre 2012.....	16
Tableau 6 : Caractéristiques du bassin de rétention d'Ecames.....	25
Tableau 7 : Caractéristiques du bassin de rétention de Tournes.....	25
Tableau 8 : Caractéristiques du bassin de rétention de l'Hermitte.....	25

1 - Préambule

1.1 Rappels

Pour rappel, l'étude hydrologique et hydraulique des bassins versants du Boulonnais se déroule en 5 phases :

- **phase 1** : analyse hydrologique des bassins versants de la Liane, du Wimereux et de la Slack ;
- **phase 2** : modélisation hydraulique du Wimereux ;
- **phase 3** : modélisation hydraulique de la Liane ;
- **phase 4** : évaluation de l'impact des ouvrages et aménagements réalisés sur les crues de la Liane ;
- **phase 5** : **Tranche conditionnelle** – intégration des ouvrages et travaux envisagés sur le bassin versant de la Liane et évaluation de leur incidence sur les crues.

Les différents livrables sont organisés de la façon suivante :

- **livrable n°1** : contexte et méthodes ;
- **livrable n°2** : bassin versant de la Liane ;
- **livrable n°3** : bassin versant du Wimereux ;
- **livrable n°4** : bassin versant de la Slack.

Le présent document est le livrable n°2 de l'étude et décrit les résultats obtenus sur le bassin versant de la Liane.

1.2 Contenu du rapport

Ce rapport est organisé en trois parties :

- la première partie est consacrée au calage du modèle hydrologique et hydraulique ;
- la deuxième concerne les scénarios de référence ;
- la troisième traite du fonctionnement hydraulique des bassins de rétention.

1.3 Synthèse-conclusions

Le modèle hydrologique et hydraulique du bassin versant de la Liane est calé en toute rigueur sur trois événements historiques majeurs, ce qui en valide les résultats pour les scénarios de référence retenus dans la présente étude.

Sur la base de trois scénarios, **fréquent (10 – 30 ans), moyen (100 – 300 ans) et extrême (> 500 ans)**, les hydrogrammes d'apport (modélisation hydrologique avec transformation de la pluie en débit) et les niveaux d'eau (modélisation hydraulique avec transformation du débit en niveau) ont été calculés.

A la station de Wirwignes, les débits calculés par le modèle pluie-débit pour les scénarios fréquent, moyen et extrême sont compris dans la fourchette fournie par l'approche statistique.

On observe une similarité des emprises inondables sur l'essentiel du bassin versant, de par la topographie encaissée de la Liane, avec des hauteurs de submersion différentes. Il existe cependant des zones mobilisées seulement à partir du scénario moyen, notamment au niveau des communes de :

- de Selles de part et d'autre de la RD 215 et aux abords du moulin de Selles ;
- de Bournonville, délimité par la D254E1 et le lieu dit le Montrocq, ainsi qu'au niveau de la Basse Cour ;
- de Questrecques, une zone est délimitée par les routes départementales D515E2 et la D238, et en aval immédiat du pont de la RD 238 ;
- d'Isques en arrière de la voie ferrée ;
- de Saint-Léonard, en amont immédiat du pont du boulevard de la Liane ;
- enfin, la zone commerciale de la commune d'Outreau se voit atteinte par les eaux pour le scénario extrême.

Sur les débits, les éléments remarquables sont les suivants :

- entre Selles et Wirwignes, la Liane reçoit les apports importants de deux affluents, le ruisseau de Lamy en rive droite au niveau de Bournonville, et le ruisseau de Desvres en rive gauche à l'amont de Wirwignes ;
- à Wirwignes le remblai de la RD341 stocke un volume important (dès une crue d'occurrence 10 ans) et est surversé à partir du scénario moyen ;
- entre Wirwignes et Carly, le ruisseau de la halle en rive gauche au niveau de Questrecques et la Lédre en rive gauche au niveau de Samer font accroître le débit de la Liane mais en étant en avance d'environ 2h par rapport à la Liane ;
- de Carly à l'entrée de Boulogne-sur-Mer, les deux affluents principaux sont le ruisseau d'Ecames au niveau d'Hesdigneul-lès-Boulogne et le ruisseau d'Echinghen au niveau de Saint-Léonard mais en étant en avance de 3 à 4h par rapport à la Liane.

2 - Calage du modèle hydrologique et hydraulique de la Liane

Pour rappel, le calage présenté dans la partie suivante est consacré à la modélisation pluie-débit (hydrologique) et au modèle hydraulique, du fait du couplage entre ces deux modèles (modélisation 1D/2D).

2.1 Principe du calage et valeurs retenues

Une fois le modèle construit, il est nécessaire de procéder à sa validation en analysant sa réponse à des événements pluvieux réels ayant touché le bassin versant, et la confrontant aux données historiques (repères de crues) et quantitatives (mesures de débit et de niveaux aux stations de mesure). On doit s'assurer que la réponse du modèle pour le débit de crue historique mesuré est bien conforme aux témoignages et repères de crue, et par conséquent qu'il rend bien compte de la dynamique des débordements et des échanges lit mineur/lit majeur.

Le calage hydrologique se base donc sur la comparaison du débit de pointe et de la forme de l'hydrogramme (volume) calculés par le modèle et les débits aux stations de mesure. Les paramètres de calage sont ceux définis dans le paragraphe 5.5.4 du livrable n°1. Ils correspondent aux coefficients qui dictent la répartition entre la part de pluie qui contribue au ruissellement et les pertes (par interception par la végétation éventuelle, par stockage dans les dépressions du sol, par infiltration dans le sous-sol). Le calage est jugé bon lorsque l'écart modèle – mesure est de +/- 10 %. Notons que la mesure est elle aussi caractérisée par une certaine incertitude, qui peut être dans certains cas bien supérieure à l'écart constaté avec le modèle.

Pour le calage hydraulique, une comparaison est faite entre les niveaux d'eau simulés par le modèle et les hauteurs reconstituées lors de l'analyse historique. La rugosité du lit et les coefficients spécifiques des ouvrages sont les variables d'ajustement de cette étape. Notons là encore que l'incertitude sur certains niveaux relevés ou estimés lors des crues historiques (observations de terrain, photographies, témoignages, etc.) peut aussi être très importante et bien supérieure à la précision du calcul numérique. Les comparaisons sont ainsi adaptées à la qualité de la mesure ou de l'observation. Pour une donnée sinistralité, il existe une incertitude sur la hauteur d'eau dans les maisons, beaucoup plus que sur une laisse nivelée ou un niveau à une station de mesure.

La pertinence des points de calage hydraulique est appréciée en fonction de l'écart des résultats du modèle par rapport aux données historiques selon trois classes.

Écart (en cm) entre les niveaux historiques et modélisés	Validité du calage
[-20 cm ; +20 cm]	Bonne
[-50 cm ; +50 cm]	Moyenne
< -50 cm ou > +50 cm	Mauvaise

Tableau 1 : Classes de validité du calage hydraulique du modèle

Les points de calage présentant une validité « moyenne » ou « mauvaise » ont systématiquement été vérifiés de manière exhaustive afin d'identifier l'origine de la divergence.

Suite à l'analyse des événements historiques et notamment à la critique des données disponibles pour caractériser les différents événements répertoriés (voir livrable n°1), il apparaît que trois crues peuvent être exploitées pour le calage et la validation des modèles représentant les trois bassins versants du Boulonnais. Il s'agit des événements de novembre 2009 et 2012 ainsi que celui de décembre 2006.

Les coefficients de ruissellement CN retenus pour les différents événements modélisés appartiennent à la classe C correspondant à un sol peu perméable. Les conditions pluvieuses antécédentes sont quant à elles définies au cas par cas afin de représenter au mieux les épisodes retenus et en se basant sur les résultats de l'analyse hydrologique (voir paragraphe 5.3.7 du livrable n°1).

Les coefficients de rugosité du fond ou coefficient de Strickler retenus sont pour la plupart de $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ en raison du caractère méandrique du lit mineur, avec des adaptations sur certains tronçons particulièrement sinueux par exemple. Pour le lit majeur, ils correspondent à ceux figurant dans le tableau n°41 du livrable n°1, et sont pour rappel fonction de l'occupation des sols connue à partir de la base de données SIGALE de la Région Nord-Pas-de-Calais.

2.2 Précisions sur certains éléments de modélisation

Comme expliqué au sein du livrable 1 « Contexte et méthodes », le mode de calcul des écoulements entre les mailles ne prend pas en compte les phénomènes de surverse par dessus des remblais d'infrastructure ou des digues par exemple. Afin de représenter correctement ces phénomènes, il est par conséquent nécessaire d'intégrer des éléments de modélisation spécifiques comme :

- la surverse d'un remblai routier ou d'une digue en terre représentée par une loi de seuil avec des coefficients adaptés à des seuils larges, et prenant en compte le profil longitudinal irrégulier de l'ouvrage ;
- l'intégration sous les remblais des éventuels ouvrages de passages (buses, dalots, ...).

De plus, les ouvrages hydrauliques suivants ont été intégrés au modèle :

- les trois bassins d'expansion de crues, suivant leur présence ou non pour les événements de calage et de validation considérés. Aussi, aucun bassin n'est modélisé pour l'événement de décembre 2006. Ceux d'Ecames et de Tournes sont pris en considération pour l'épisode de novembre 2009. Enfin, le bassin de d'Hermite a été ajouté pour représenter de manière plus pertinente la crue de novembre 2012. Ces bassins seront bien évidemment présents au cours des modélisations des différents scénarios de référence.
- la régulation du barrage Marguet pour les scénarios de référence, suite à l'analyse des informations présentes dans l'Étude De Dangers (EDD) du barrage Marguet et à l'entretien téléphonique avec M. Lefebvre du Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais.



Figure 1 : Exemple de modélisation d'un remblai en lit majeur de la Liane

2.3 Calage de la crue de décembre 2006

2.3.1 Calage hydrologique

Comme pour les bassins versants du Wimereux et de la Slack, seul le second événement constituant la crue de 2006 a été utilisé pour le calage du modèle, car présentant la réponse hydrologique la plus marquée. La figure ci-dessous présente la superposition de l'hydrogramme mesuré à la station hydrométrique de Wirwignes et celui simulé.

Calage hydrologique à Wirwignes - Crue de décembre 2006

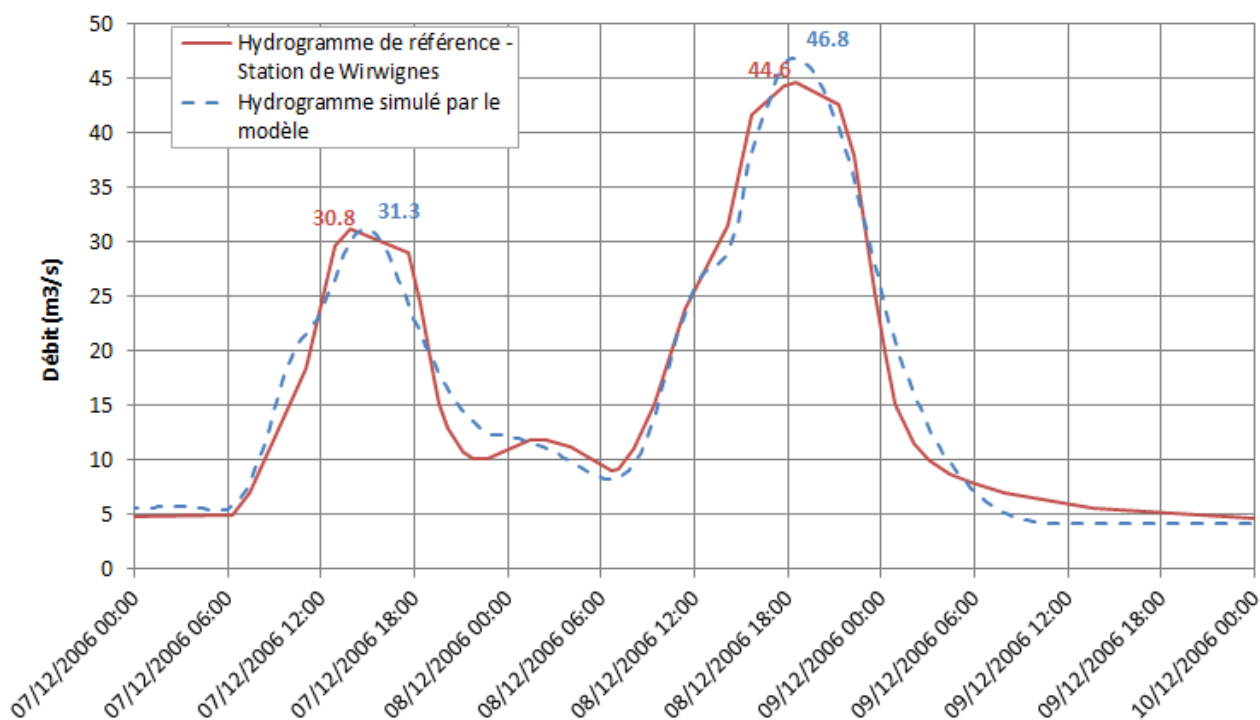


Figure 2 : Hydrogrammes mesuré et simulé à la station de Wirwignes (second épisode de la crue de décembre 2006)

Constitué de deux pics distincts, cet événement est très bien représenté par le modèle mis en place. En effet l'enveloppe de la crue ainsi que sa dynamique sont identiques en terme de débit de pointe et de volume dont les écarts relatifs sont les suivants :

- 2 % en débit et 3 % en volume pour le premier pic ;
- 5 % en débit et 2 % en volume pour le deuxième pic.

Le graphique ci-dessus souligne ainsi le bon calage du modèle construit pour l'épisode de décembre 2006.

2.3.2 Calage hydraulique

Comme pour la modélisation du bassin versant du Wimereux, il est maintenant nécessaire de s'assurer de la bonne **représentativité hydraulique** du modèle mis en place. Aussi, le calage hydraulique consiste principalement en une comparaison des niveaux ou hauteurs d'eau recensés avec ceux modélisés pour ce même événement.

Au cours de l'événement de décembre 2006, les données à disposition sont les niveaux d'eau de la Liane au niveau des stations limnimétriques du SYMSAGEB de Samer, Hesdin l'Abbé et Pont de Briques et de la station hydrométrique de Wirwignes de la DREAL.

Une incertitude quant à la cote de la station d'Hesdin l'Abbé est à souligner car le rapport de SOGREAH de 2008 précise que « le zéro de l'échelle est supposé correspondre à la cote 8,2 m NGF, [...] hypothèse déduite des éléments connus que sont la cote du tablier de la route et la position de l'échelle par rapport à celui-ci ».

Remarque : Les travaux au niveau de Pont-de-Briques n'ayant pas été encore réalisés en 2006, SOGREAH précise que ces derniers permettraient « d'obtenir un abaissement de la ligne d'eau de la Liane de l'ordre de 20 cm depuis Pont-de-Briques jusqu'au franchissement de l'A16 » pour des profils théoriques rectangulaires augmentant considérablement la section d'écoulement. La comparaison entre les sections théoriques et les sections après travaux issus du modèle CARIMA fourni par la DREAL a montré une surestimation non négligeable de la section d'écoulement. L'abaissement de la ligne d'eau de 20 cm estimée par SOGREAH n'est dès lors plus pertinente.

Il a donc été décidé que la règle consistant à garantir le calage à plus ou moins 20 cm est conservée au niveau de Pont-de-Briques.

Le tableau ci-dessous permet de visualiser les différences de niveau au droit des différentes stations qui sont comprises dans la fourchette +/- 20 cm :

<i>Localisation</i>	<i>Cote max de référence [m NGF]</i>	<i>Cote max modélisée [m NGF]</i>	<i>Différence [cm]</i>
Station hydrométrique de Wirwignes	25,34	25,38	4
Station limnimétrique de Samer	17,47	17,65	19
Station limnimétrique de Hesdin l'Abbé	11,98	11,82	-16
Station limnimétrique de Pont-de-Briques	7,35	7,49	15

Tableau 2 : Calage du niveau d'eau dans le lit mineur de la Liane pour la crue de décembre 2006

A la vue de l'ensemble de ces résultats, on peut conclure quant à la validité du calage du modèle pour la crue de décembre 2006, aussi bien en terme de réponse hydrologique que de comportement hydraulique.

2.4 Calage de la crue de novembre 2009

2.4.1 Calage hydrologique

Pour s'assurer de la pertinence du jeu de paramètres retenu pour la modélisation hydrologique du bassin versant de la Liane, il est nécessaire de superposer la chronique de débit mesurée par la station hydrométrique de Wirwignes à l'hydrogramme simulé (voir figure ci-dessous).

En premier lieu, on constate la bonne correspondance de ces deux hydrogrammes bien que celui de référence soit légèrement plus étalé que celui restitué par le modèle. Les écarts sur le débit de pointe (9 %) et sur le volume (3.20 Mm³ pour la mesure contre 3.13 Mm³ pour le calcul, soit un écart d'environ 2 %) sont bons et restent dans la marge d'incertitude défini dans le paragraphe 2.2.

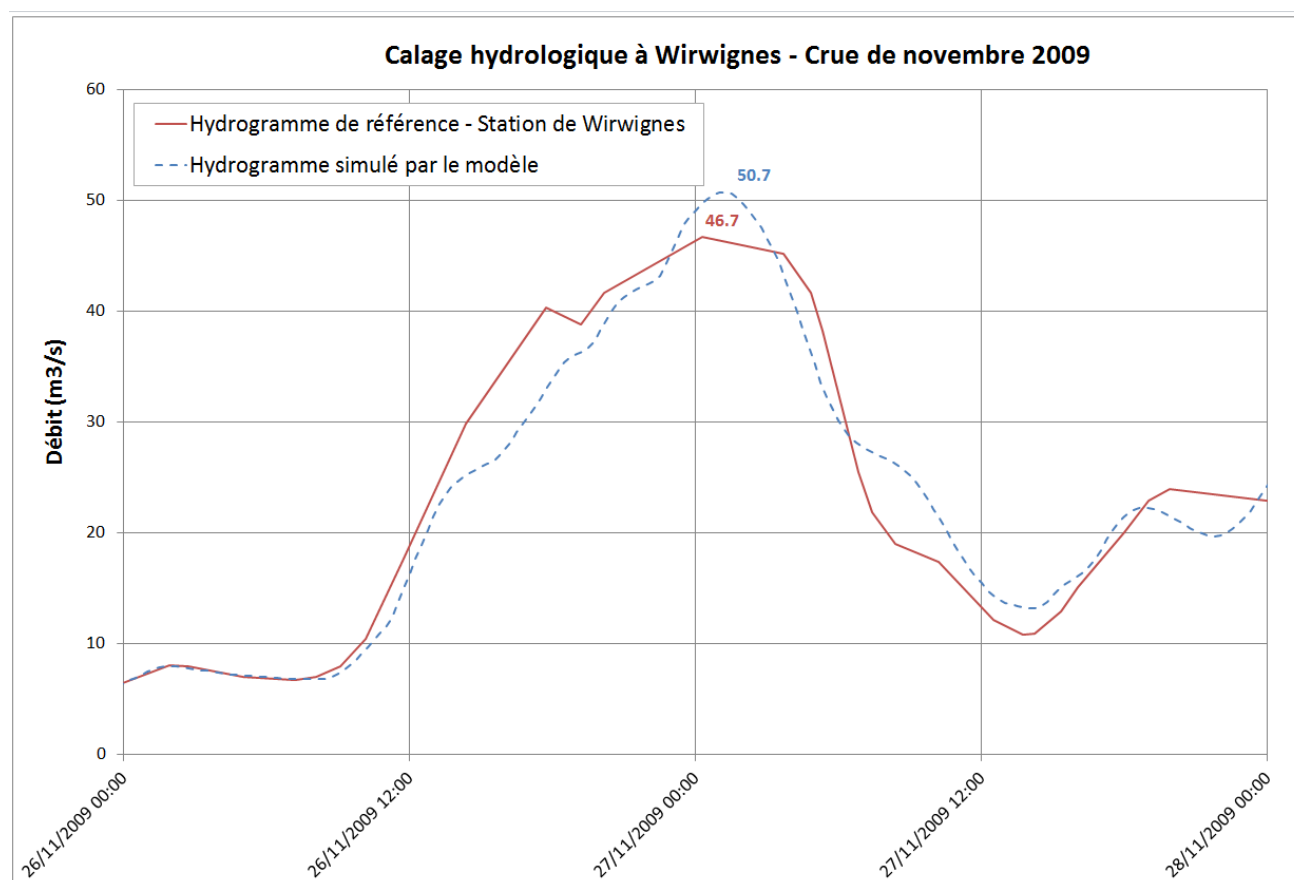


Figure 3 : Points de jaugeage et hydrogramme simulé à la station de Wimille (crue de novembre 2009)

Suite à la bonne représentation de ce dernier événement, il est ainsi possible de valider la pertinence du jeu de paramètres retenu pour la modélisation hydrologique du bassin versant de la Liane.

2.4.2 Calage hydraulique

L'analyse de la cohérence entre les repères de crues historiques et les niveaux simulés permettent de juger

de la pertinence du modèle.

Pour cet épisode de crue, de nombreuses données ont été mises à notre disposition, tels que :

- les niveaux d'eau de la Liane au niveau des stations limnimétriques du SYMSAGEB à Samer et Hesdin l'Abbé, et de la station hydrométrique de Wirwignes ;
- des repères de crues dans le lit majeur fournis par la DDTM62 et allant du pont de la RD 901 à Samer à l'aval de Pont-de-Briques ;
- des photos aériennes d'Etienfort à l'exutoire de la Liane prise au lendemain de l'événement soit en décrue.

Le tableau suivant présente les résultats du calage au niveau des stations limnimétriques. Les écarts entre le modèle et la mesure sont bons puisqu'ils sont compris dans la fourchette +/- 20 cm.

Localisation	Cote max de référence [m NGF]	Cote max modélisée [m NGF]	Différence [cm]
Station hydrométrique de Wirwignes	25,46	25,64	18
Station limnimétrique de Samer	17,58	17,66	8
Station limnimétrique d'Hesdin l'Abbé	11,98	11,80	-18

Tableau 3 : Calage du niveau d'eau dans le lit mineur de la Liane pour la crue de novembre 2009

Après analyse des repères de crue fournis, deux d'entre eux ont été écartés pour les raisons suivantes :

- l'absence d'heure précise pour l'un si situant aux abords du ruisseau d'Ecames et de la départementale 52 au niveau de la commune d'Hesdigneul-les-Boulogne ;
- le point se situant au sein du lit mineur pour l'autre à Isques.

Pour les autres repères de crues, les hauteurs d'eau modélisées correspondantes ont été relevées aux heures indiquées par les repères de crue (le 27/11/2009 entre 12h15 et 15h30 environ). On obtient alors le tableau suivant :

<i>Localisation</i>	<i>Hauteur d'eau mesurée [cm]</i>	<i>Hauteur d'eau modélisée [cm]</i>	<i> Différence [cm]</i>
Commune de Saint-Léonard à l'aval de Pont-de-Briques	82	94	12
Commune de Saint-Etienne-Au-Mont à l'amont de Pont-de-Briques	75	79	4
Commune d'Hesdigneul-lès-Boulogne, proche de la ferme du Manoir	80	62	-18
Commune d'Hesdigneul-lès-Boulogne, proche du cimetière sur la RD 240	20	15	-5
Commune d'Hesdigneul-lès-Boulogne, en rive gauche du ruisseau d'Ecames	45	39	-6
Commune de Carly, sur la RD 239	10	15	5
Commune de Carly, sur la RD 52	10	[0, 16]	[6, 10]
Commune de Samer, sur le pont de la RD 901	0 (limite de la zone inondable)	0 (limite de la zone inondable)	0

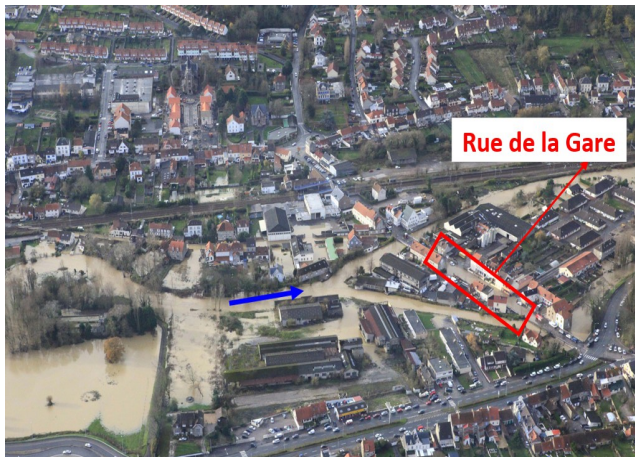
Tableau 4 : Calage de la hauteur d'eau dans le lit majeur de la Liane pour la crue de novembre 2009

Dans le lit majeur, les écarts entre le modèle et les repères de crue sont bons puisqu'ils sont compris dans la fourchette +/- 20 cm.

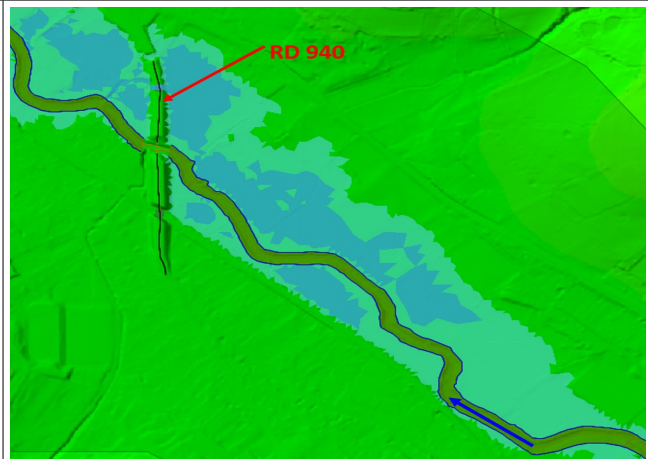
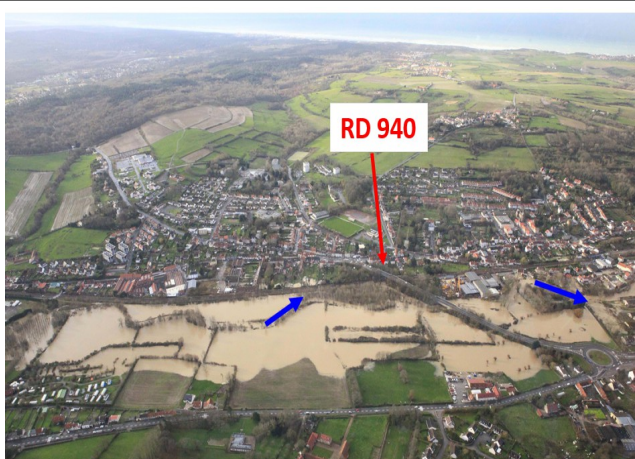
Enfin, il convient maintenant de comparer l'emprise inondable observée en décrue (10h35, le 27/11/2009) et celle modélisée, à l'aide du tableau suivant :

Photographies aériennes au cours de la crue de novembre 2009

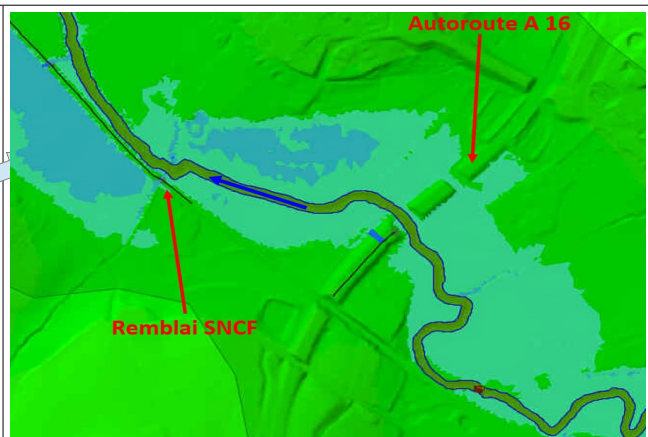
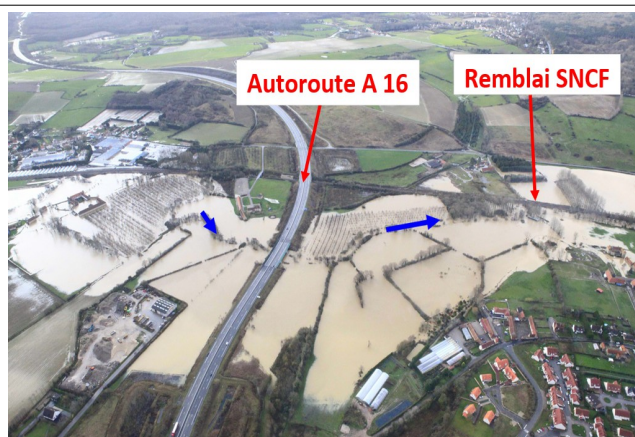
Emprises inondables représentées par le modèle



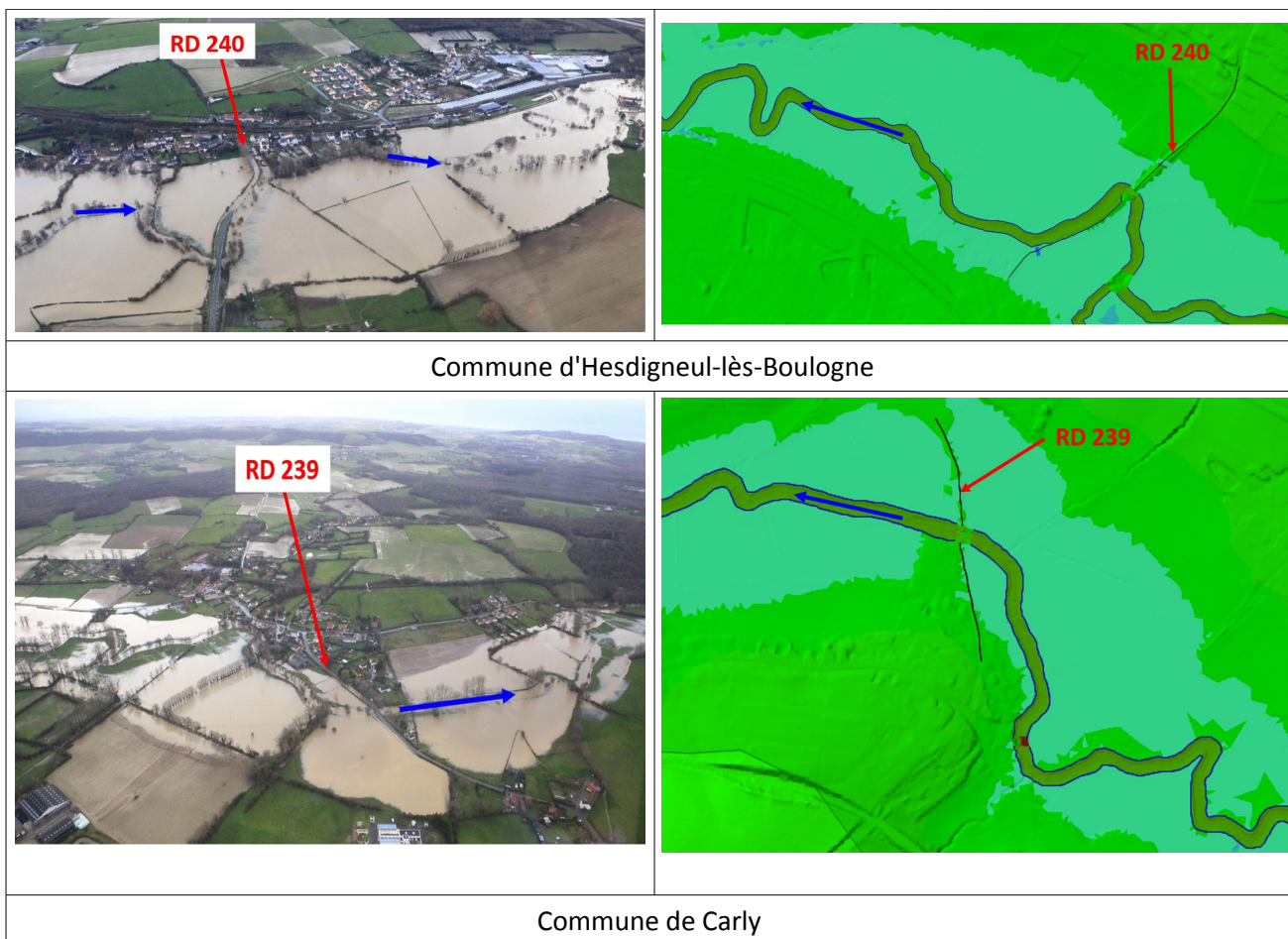
Commune de Pont-de-Briques



Commune d'Isques



Commune d'Isques, autoroute A16



L'ensemble de ces éléments mettent en évidence la pertinence et la précision du calage du modèle.

Une cartographie des zones inondées (vue globale du bassin versant et vue par commune au 1/10000è) figure en annexe 1.

2.5 Calage de la crue de novembre 2012

2.5.1 Calage hydrologique

Le débit de pointe mesuré pour cet événement à la station hydrométrique de Wirwignes est de $56.5 \text{ m}^3/\text{s}$. La modélisation dont l'objectif est de reconstituer la crue fournit quant à elle un débit de pointe de $55.2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Aussi, la pertinence du modèle est jugée comme bonne en terme de débit de pointe, la sous-estimation de ce dernier étant de 2 %. La figure ci-dessous permet de dresser la comparaison de l'hydrogramme mesuré à la station avec le celui simulé par le modèle. Il apparaît ainsi que la modélisation représente l'épisode considéré de manière satisfaisante tant en terme de dynamique que de volume (4.02 Mm^3 pour la mesure contre 4.19 Mm^3 pour le calcul, soit un écart d'environ 5 %).

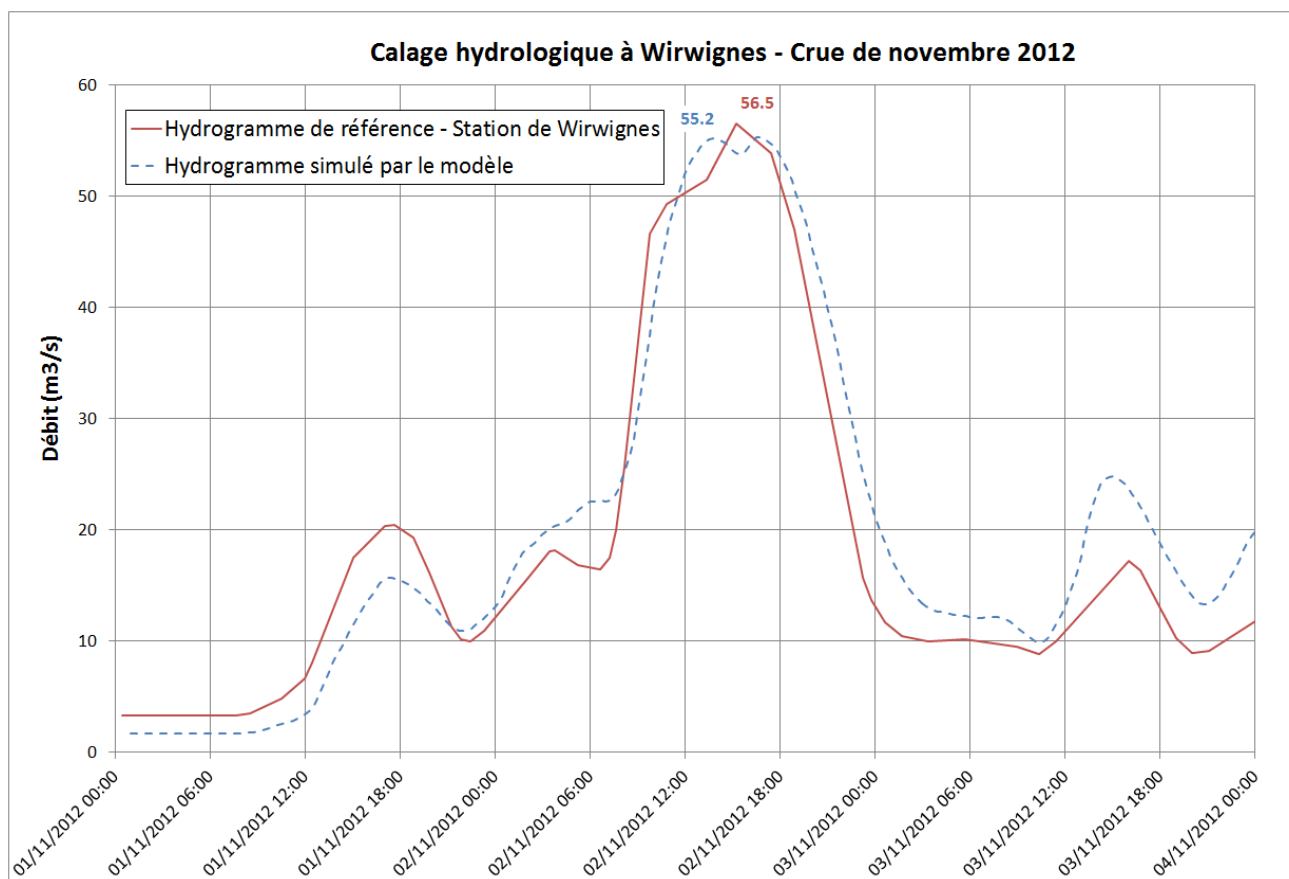


Figure 4 : Hydrogrammes mesuré et simulé à la station de Wirwignes lors de la crue de novembre 2012

2.5.2 Calage hydraulique

Hormis les niveaux mesurés à la station de hydrométrie de Wirwignes et les données sinistralités peu exploitables car qualitatives, on ne dispose d'aucune autre information. Aussi cet événement va nous servir de validation pour le calage du modèle de la Liane à Wirwignes.

Localisation	Cote max de référence (m-NGF)	Cote max modélisée (m-NGF)	Différence (cm)
Station hydrométrique de Wirwignes	25,94	25,83	-11

Tableau 5 : Calage hydraulique de la Liane pour l'événement de novembre 2012

L'écart entre le modèle et la mesure est bon puisqu'il est compris dans la fourchette +/- 20 cm. Une cartographie des zones inondées (vue globale du bassin versant et vue par commune au 1/10000è) figure en annexe 2.

2.6 Conclusion sur le calage

Le modèle hydrologique et hydraulique du bassin versant de la Liane est calé en toute rigueur sur trois événements historiques majeurs (novembre 2012, novembre 2009 et décembre 2006).

3 - Scénarios de référence

La suite de l'étude a pour objectif de caractériser les débits et niveaux pour différents scénarios de crue d'ampleur croissante. Cette évaluation et la cartographie des zones inondables qui en résultera seront issus d'une modélisation hydrologique (transformation de la pluie en débit) et hydraulique (transformation du débit en niveaux d'eau dans le cours d'eau).

3.1 Définition des scénarios

Sachant les incertitudes liées à l'extrapolation des débits rares, fortement dépendants de la méthode utilisée (voir paragraphe précédent), notre approche vise à se rapprocher de celle demandée par la Directive Inondation, en raisonnant sur la base de trois scénarios : **fréquent (10 – 30 ans) / moyen (100 – 300 ans) / extrême (> 500 ans)** et non pas sur une multitude d'épisodes de périodes de retour fixées.

Les hypothèses retenues sur la définition de ces scénarios sont les suivantes :

- le scénario de crue fréquent correspond à une pluie d'occurrence 30 ans, le scénario moyen à une pluie d'occurrence 300 ans, et le scénario extrême à une pluie 1000 ans. Compte tenu des phénomènes de pertes au ruissellement et d'amortissement au sein du réseau hydrographique, ces pluies conduiront en toute logique à des crues de périodes de retour inférieures, en référence aux statistiques de débits présentés dans le livrable n°1 ;
- La durée et la forme des pluies caractéristiques de ces trois scénarios hydrologiques est déduite des pluies réelles historiques. La figure ci-dessous représente l'évolution des cumuls de pluies (historiques et projet, normalisés) et montre bien la cohérence des pluies.

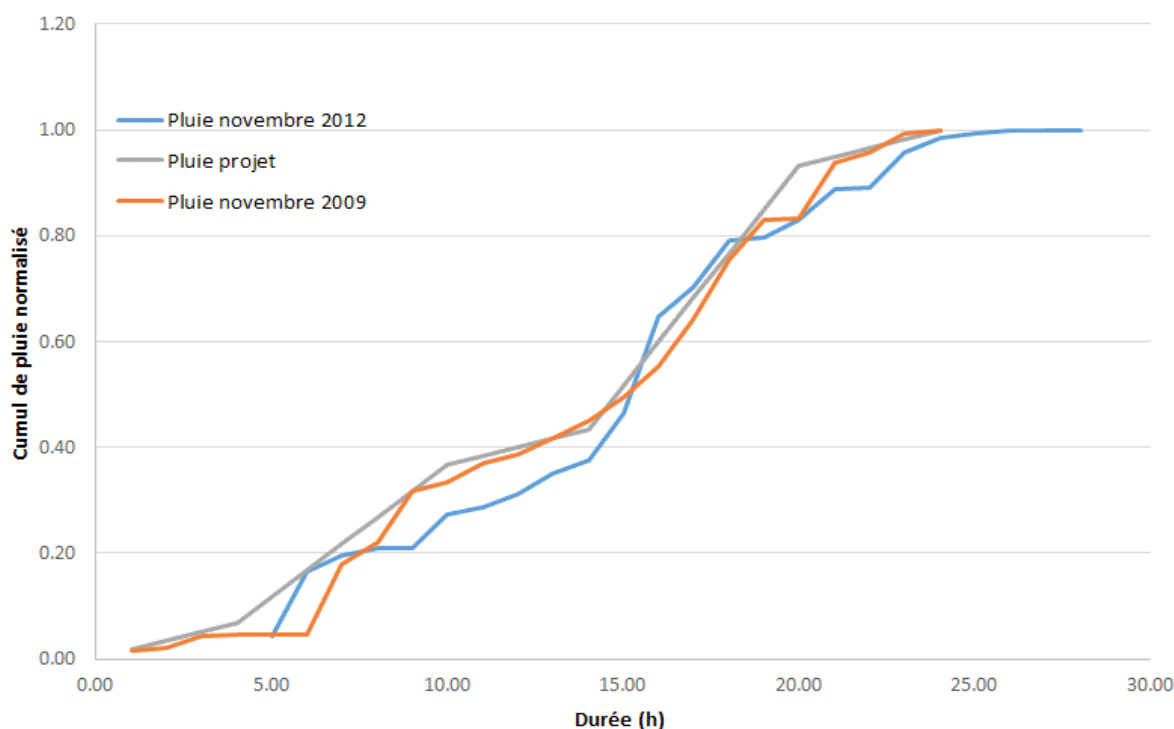


Figure 5 - Évolution des cumuls de pluies historiques et de projet à Desvres

Sur cette base, nous proposons ainsi une durée de 24h, avec deux périodes intenses de 6h réparties dans la journée et représentant 80% du cumul total de l'événement.

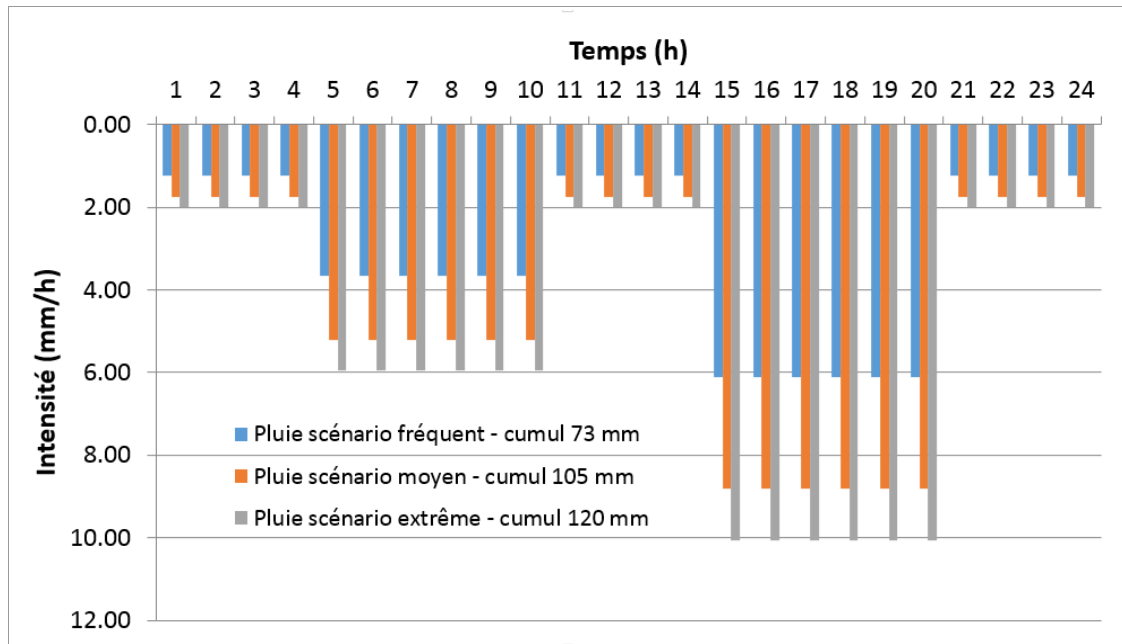


Figure 6 - Pluies de projet suivant différents scénarios

- la station de Desvres, possédant la plus longue chronique de pluie, est choisie comme station de référence. Les quantités de pluie associées aux différentes périodes de retour retenues précédemment sont indiqués sur la figure précédente. Néanmoins, ces pluies ne sont pas appliquées de manière uniforme à l'échelle des trois bassins versants et une hypothèse quant à la répartition spatiale des précipitations est proposée ci-après.
- La répartition géographique des pluies est déduite des images RADAR, technologie permettant la mesure de la quantité d'eau dans les nuages. Cela permet d'avoir une représentation réaliste par rapport à l'application d'une pluie uniforme basée sur les seules statistiques de Desvres qui aurait eu tendance à surévaluer les précipitations.

Les images RADAR des principaux événements de crue précédemment évoqués ont ainsi été utilisées de manière à évaluer les écarts (en pourcentage) entre la pluviométrie mesurée à Desvres et la pluviométrie estimée en tout point des trois bassins versants pour chaque événement. Ensuite, une moyenne des écarts est faite sur cinq événements, comme représenté sur la figure suivante. Par exemple, s'il pleut 100 mm à Desvres, il pleuvra 70 à 90 mm sur les zones de couleur jaune à rouge et 50 à 60 mm sur les zones de couleur verte.

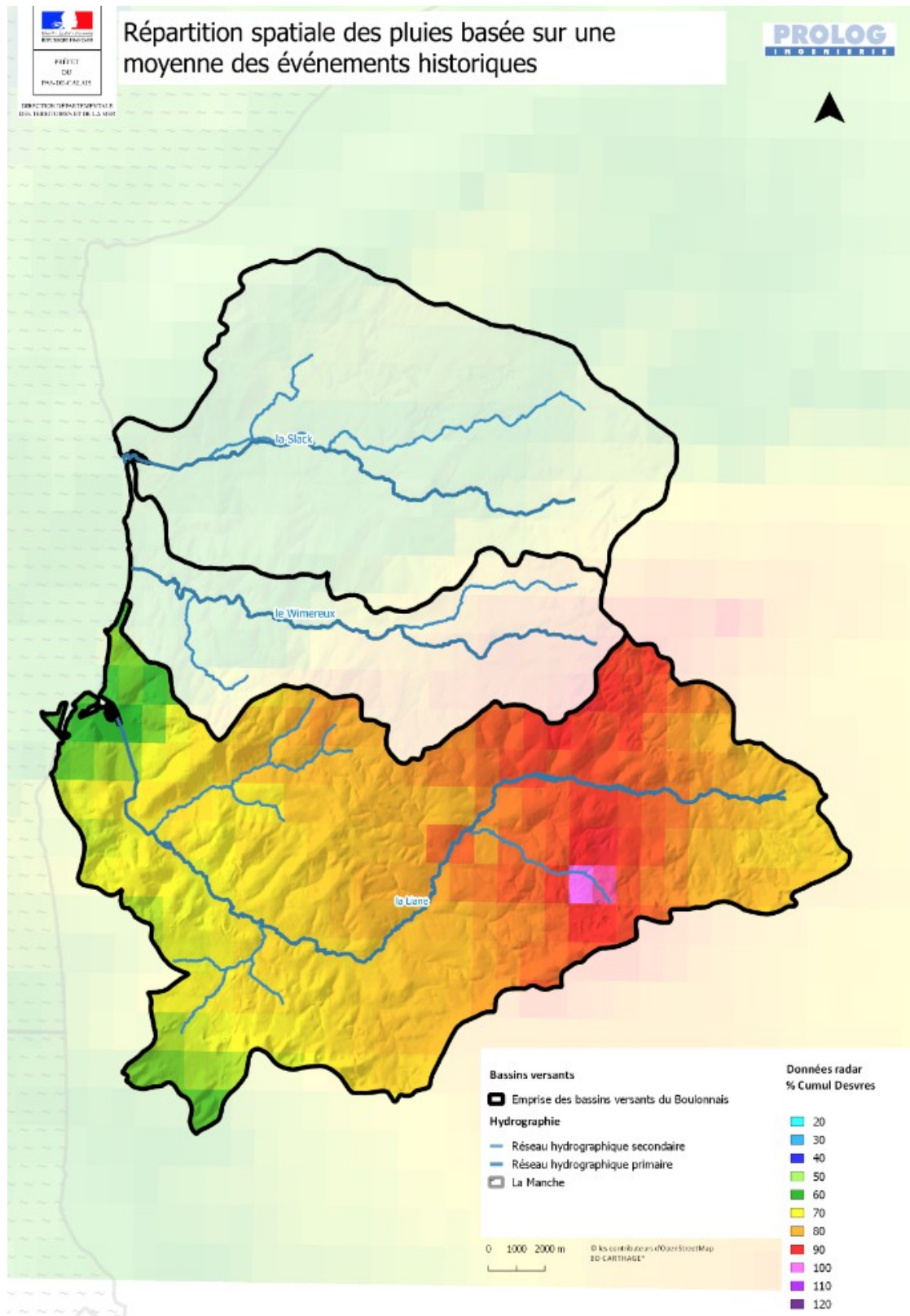


Figure 7 - Répartition spatiale des pluies basée sur une moyenne des événements historiques

- Concernant le niveau de la mer, une marée moyenne a été retenue. Contrairement au Wimereux, l'influence du niveau marin n'a pas été testé sur la Liane de par la présence du barrage Marguet dont nous avons bien pris en compte en revanche la régulation. Le pic de crue fluviale coïncide avec celui de la marée dans les trois cas.

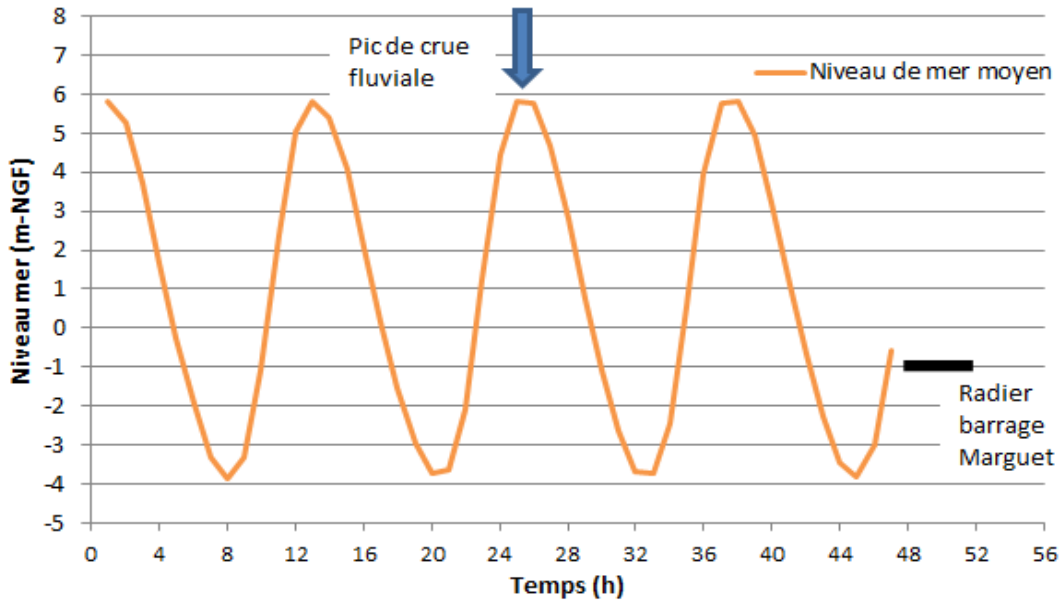


Figure 8 - Marégramme de projet à Boulogne-sur-Mer

3.2 Interprétation des résultats

Le tableau ci-dessous permet de comparer les débits résultants de la modélisation pluie-débit pour les trois scénarios avec ceux estimés suite à l'application de diverses méthodes statistiques (voir paragraphe 5.4.2 du livrable n°1). Cette comparaison permet entre autre de s'assurer de la cohérence des résultats issus de diverses approches.

Liane à Wirwignes Superficie 100 km ²	Débits modèle pluie-débit (m ³ /s)	Débits statistiques (m ³ /s)
Scénario fréquent (10 - 30 ans)	78	57 - 78
Scénario moyen (100 - 300 ans)	128	99 - 138
Scénario extrême (> 500 ans)	152	143 - 175

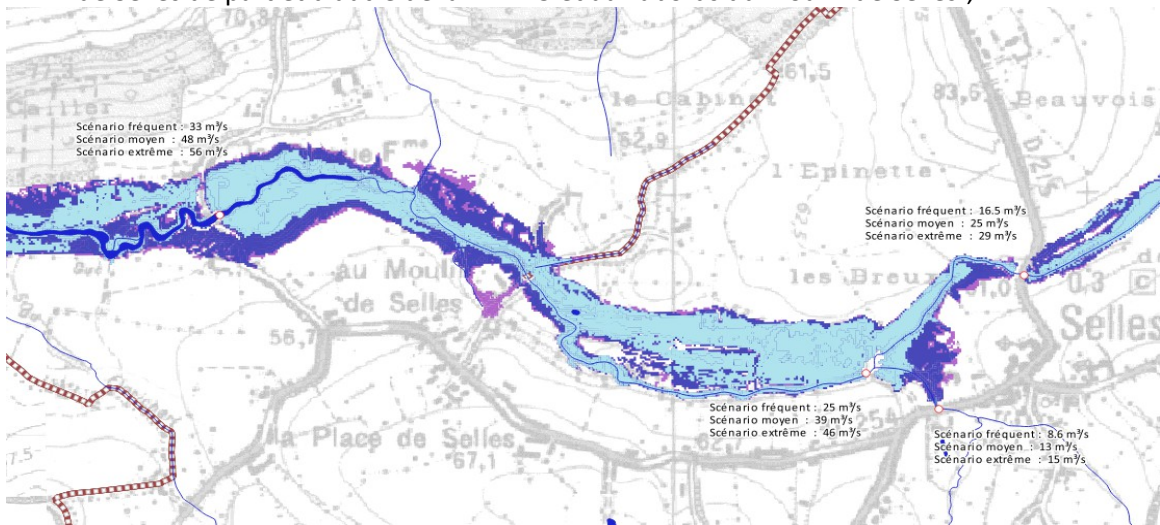
Figure 9 : Comparaison des débits à la station de Wirwignes

Pour l'ensemble des scénarios retenus, les débits résultants de la modélisation sont compris dans la fourchette fournie par l'approche statistique.

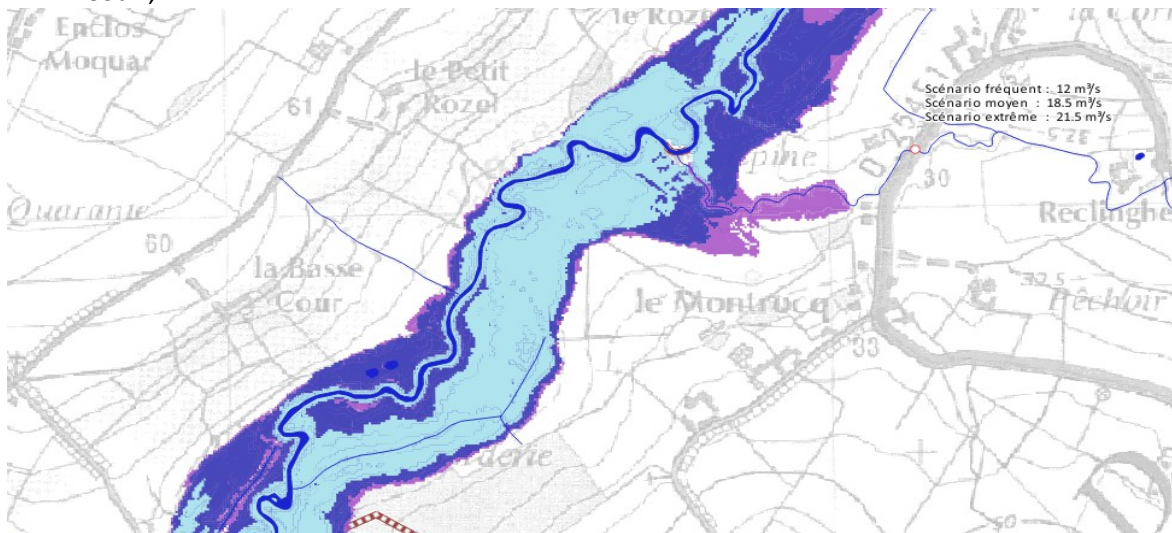
Remarque : Nous n'avons pas choisi de prendre un scénario trop proche de ceux observés en novembre 2009 et 2012 dans la mesure où ils avaient déjà été étudiés et cartographiés. Simuler une pluie 30 ans permet donc d'avoir un événement de plus.

Les cartes en annexe 3 illustrent les différentes emprises inondables et les débits en fonctions du scénario considéré. Sur les zones inondables, plusieurs éléments peuvent être mis en avant :

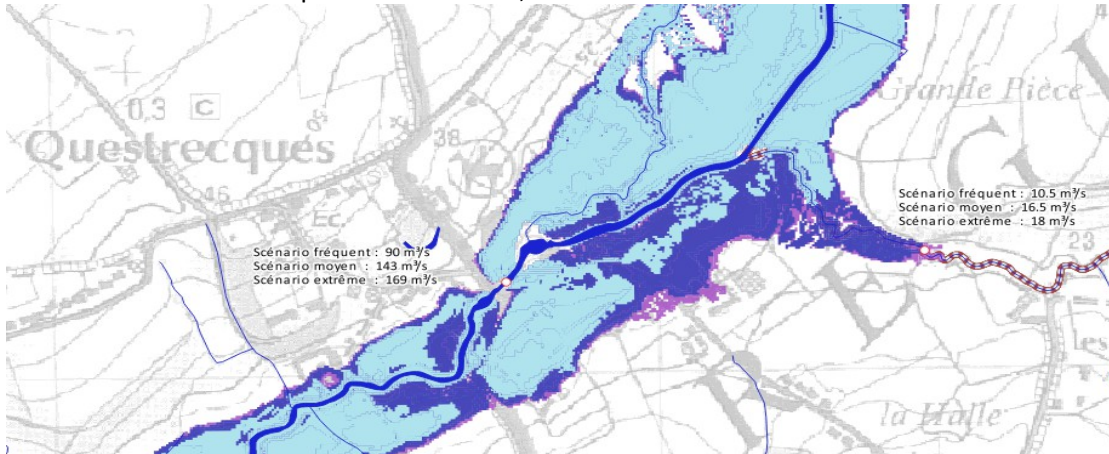
- une similarité des emprises inondables sur l'essentiel du bassin versant de par la topographie encaissée de la Liane, avec des hauteurs de submersion différentes ;
- certaines zones sont cependant mobilisées seulement à partir du scénario moyen et notamment au niveau des communes :
 - de Selles de part et d'autre de la RD 215 et aux abords du moulin de Selles ;



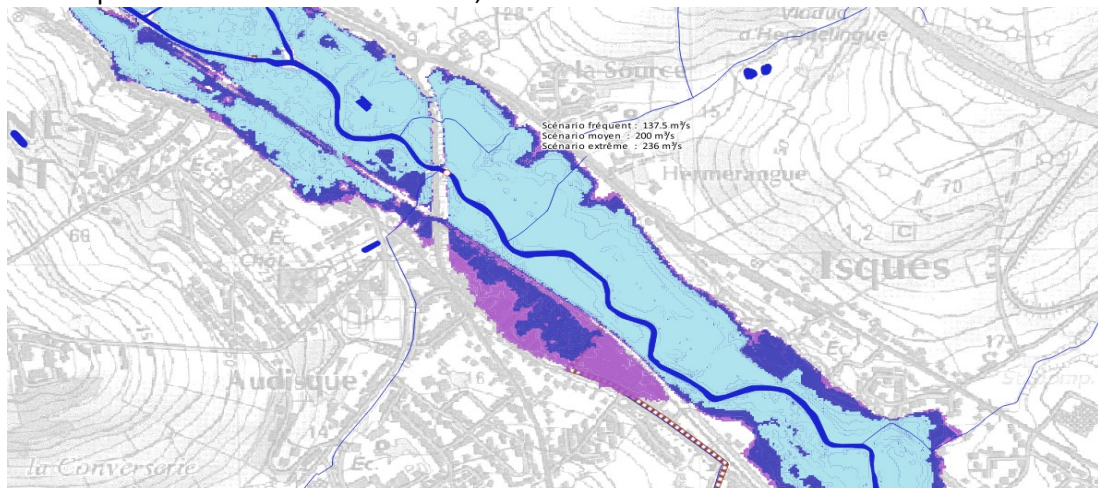
- de Bournonville, délimité par la D254E1 et le lieu dit le Montrocq, ainsi qu'au niveau de la Basse Cour ;



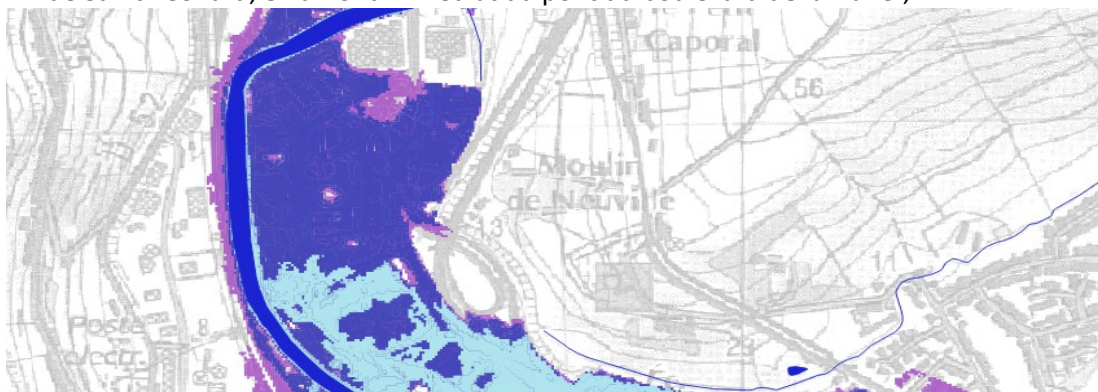
- de Questrecques, une zone est délimitée par les routes départementales D515E2 et la D238, et en aval immédiat du pont de la RD 238 ;



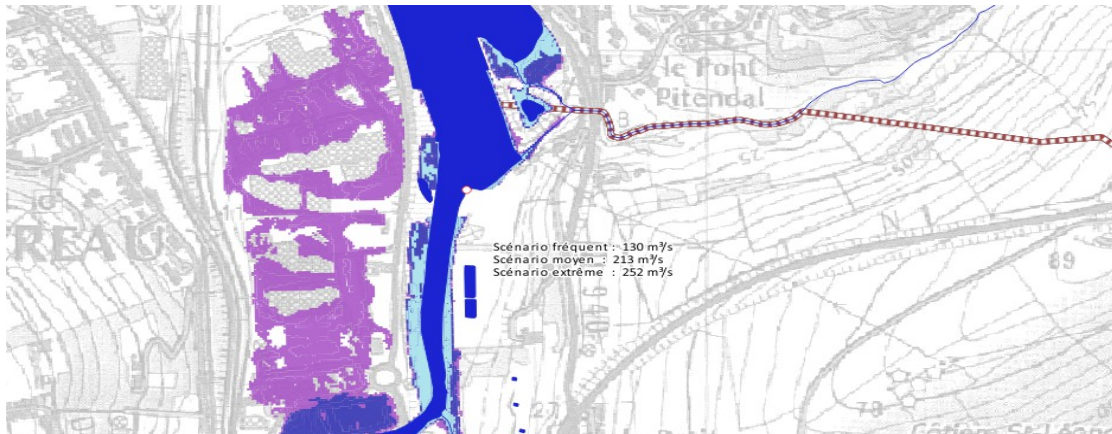
- d'Isques en arrière de la voie ferrée ;



- de Saint-Léonard, en amont immédiat du pont du boulevard de la Liane ;



- enfin, la zone commerciale de la commune d'Outreau se voit atteinte par les eaux pour le scénario extrême.



Sur les débits, les éléments remarquables sont les suivants :

- entre Selles et Wirwignes, la Liane reçoit les apports importants de deux affluents, le ruisseau de Lamy en rive droite au niveau de Bournonville, et le ruisseau de Desvres en rive gauche à l'amont de Wirwignes ;
- à Wirwignes le remblai de la RD341 stocke un volume important et est surversé à partir du scénario moyen ;
- entre Wirwignes et Carly, le ruisseau de la halle en rive gauche au niveau de Questrecques et la Lédre en rive gauche au niveau de Samer font accroître le débit de la Liane mais en étant en avance d'environ 2h par rapport à la Liane ;
- de Carly à l'entrée de Boulogne-sur-Mer, les deux affluents principaux sont le ruisseau d'Ecames au niveau d'Hesdigneul-lès-Boulogne et le ruisseau d'Echinghen au niveau de Saint-Léonard mais en étant en avance de 3 à 4h par rapport à la Liane.

Des cartographies des zones inondées (vue globale du bassin versant et vue par commune au 1/10000è) pour les trois scénarios figurent en annexes 4, 5 et 6.

4 - Fonctionnement hydraulique des bassins de rétention

Comme précisé au sein du livrable 1 (paragraphe 4.3), afin de limiter les débordements des cours d'eau et de contrôler le ruissellement sur les bassins du Boulonnais, le SYMSAGEB a engagé ces dernières années des opérations d'aménagements dont notamment trois bassins de rétention (cf. Annexe 3) des eaux de crues à :

- Echinghen en 2008, sur le ruisseau de Tournes, d'une capacité de 72 000 m³ (débit de fuite pour Q100 : 4.4 m³/s);
- Condette en 2008, sur le ruisseau d'Écames, d'une capacité de 80 000 m³ (débit de fuite pour Q100 : 3.5 m³/s);
- Baincthun en 2011, sur le ruisseau de Berthenlaire, d'une capacité de 63 000 m³ (débit de fuite pour Q100 : 4.5 m³/s).

Les bassins et les ouvrages de contrôle ont été représentés sur la base des plans transmis par le SYMSAGEB. Nous avons utilisé des coefficients de perte de charge standards issus de l'état de l'art en la matière. Il n'est pas possible de comparer aux données de dimensionnement car les notes de calcul ne nous ont pas été fournies.

Des mesures de niveau (en mm) nous ont été fournies par le SYMSAGEB mais sans la connaissance du zéro de l'échelle. Elles ne peuvent donc pas nous servir au calage du modèle. Nous ne pouvons donc nous en tenir qu'à un fonctionnement théorique en l'absence de données exploitables sur les fonctionnements des ouvrages lors des crues de novembre 2009 et 2012.

Les tableaux ci dessous synthétisent les caractéristiques de dimensionnement de ces bassins avec celles issues de la modélisation mise en œuvre dans le cadre de la présente étude.

<i>Ecames</i>			
	Débit entrant [m ³ /s]	Débit de fuite [m ³ /s]	Volume [m ³]
Dimensionnement		3.5	80 000
Nov. 2009	3.34	2.12	35 000
Nov. 2012	5.50	4.00	86 600
Sc fréquent	10.00	9.70	100 000
Sc moyen	15.86	15.68	110 000
Sc extrême	18.58	18.42	111 500

Tableau 6 : Caractéristiques du bassin de rétention d'Ecames

<i>Tournes</i>			
	Débit entrant [m ³ /s]	Débit de fuite [m ³ /s]	Volume [m ³]
Dimensionnement		4.4	72 000
Nov. 2009	4.10	3.50	6 000
Nov. 2012	4.40	3.80	8 000
Sc fréquent	6.00	4.20	25 000
Sc moyen	8.70	6.02	71 155
Sc extrême	9.64	8.90	80 500

Tableau 7 : Caractéristiques du bassin de rétention de Tournes

Hermite			
	Débit entrant [m ³ /s]	Débit de fuite [m ³ /s]	Volume [m ³]
Dimensionnement		4.5	63 000
Nov. 2012	4.45	3.90	17 300
Sc fréquent	6.40	5.30	34 000
Sc moyen	10.00	9.20	62 300
Sc extrême	11.70	11.35	65 500

Tableau 8 : Caractéristiques du bassin de rétention de l'Hermite

Selon les modélisations effectuées, le bassin d'Ecames est totalement mobilisé pour une crue équivalente à celle de novembre 2012 dont la période de retour est estimée à 10 ans. Les bassins de rétention de Tournes et de l'Hermite sont quant à eux en limite de débordement pour une crue équivalente au scénario moyen d'occurrence 100-300 ans.