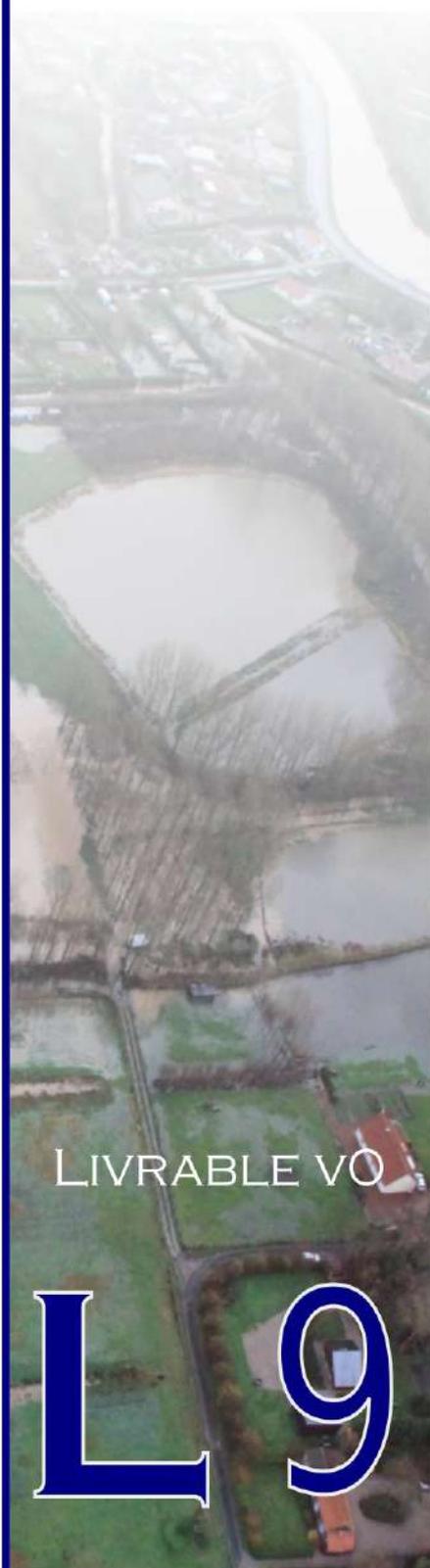
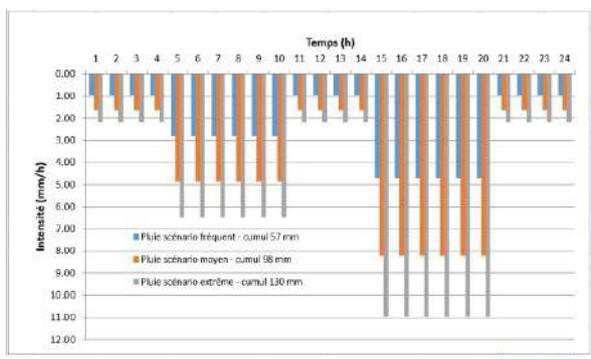
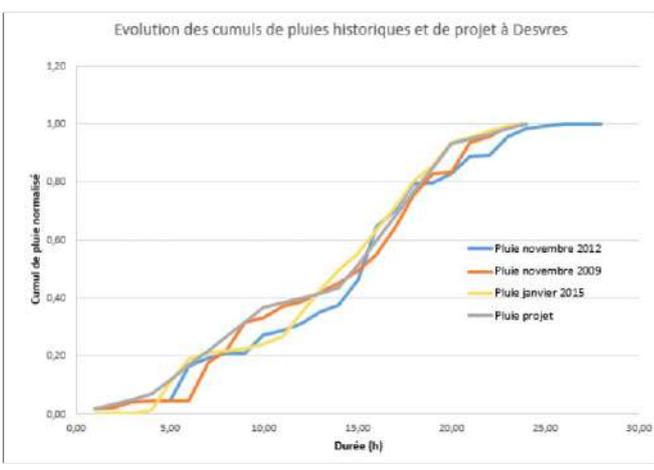


## DDTM DU PAS-DE-CALAIS / SYMSAGEB RAPPORT ET CARTHOGRAPHIE SUR LES ALÉAS DÉTERMINÉS



PARTIE 1 - PHASE 1



LIVRABLE VO

# L9

## Table des matières

Préambule.....	4
Partie - 1 Définition des scénarios de référence.....	6
1.1 Synthèse de l'étude statistique réalisée en 2014.....	7
1.2 Définition des scénarios.....	8
Partie - 2 Définition des aléas.....	13
Partie - 3 Méthodologie d'élaboration des cartes.....	16
3.1 Création des contours de hauteurs et de vitesses.....	17
3.2 Continuité entre carte d'aléa débordement de cours d'eau et carte d'aléa ruissellement...	18
3.3 Format des rendus et exemples.....	18

## Index des illustrations

Figure 1 : Évolution des cumuls de pluies historiques et de projet à Desvres.....	9
Figure 2 : Pluies de projets suivants les différents scénarios (Cumul à Desvres).....	10
Figure 3 : Répartition spatiale des pluies basée sur une moyenne des événements historiques.....	11
Figure 4 : Marégramme de projet à Boulogne-sur-Mer (marée moyenne).....	12
Figure 5 : Possibilités de déplacement des personnes en fonction de la hauteur d'eau et de la vitesse d'écoulement (Source : DDT Vaucluse).....	15
Figure 6 : Grille d'aléa proposée pour les phénomènes de débordement de cours d'eau et de ruissellement.....	15

## Index des tables

Tableau 1 : Débits statistiques de la Liane à Wirwignes.....	7
Tableau 2 : Débits objectifs pour les trois scénarios de référence.....	8

## Préambule

L'objectif du présent livrable est de définir les scénarios retenus afin de caractériser l'aléa sur le bassin versant de la Liane, ainsi que la méthodologie mise en place pour cartographier ces derniers.

Le présent document se décompose ainsi en trois parties :

- la première partie est consacrée à la description des scénarios de référence retenus pour caractériser l'aléa. Le modèle, réalisé lors de la phase 1 et décrit dans le livrable L4-L8, a été utilisé ;
- la seconde partie propose une grille d'aléa pour les phénomènes de ruissellement et débordement ;
- la troisième présente quant à elle la méthodologie retenue pour élaborer les cartes réglementaires.

Le logiciel utilisé pour construire les modèles hydrologiques et hydrauliques (débordement et ruissellement) du bassin versant de la Liane est le logiciel ICM V6,5 développé par INNOVYZE.

# **Partie - 1** Définition des scénarios de référence

Il convient dorénavant 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 issues d'une modélisation hydrologique (transformation de la pluie en débit) et hydraulique (transformation du débit en niveaux d'eau dans le cours d'eau).

## 1.1 Synthèse de l'étude statistique réalisée en 2014

Au cours de l'étude réalisée en 2014 par PROLOG Ingénierie pour le compte de la DDTM62, une analyse statistique des débits de la Liane à Wirwignes avait été effectuée.

Cette analyse avait mis en évidence que les cours d'eau du Boulonnais répondaient à des épisodes prolongés de pluie de type automnal et hivernal. Le tableau ci-après récapitule les estimations des débits instantanés maximaux selon différentes périodes de retour (10, 50, 100 et 1000 ans) pour la Liane à Wirwignes. Figurent aussi les débits spécifiques, débits par km<sup>2</sup> de bassin versant. Ces valeurs sont également comparées aux toutes dernières estimations de la DREAL Hauts-de-France. Les écarts sont liés à des méthodes d'ajustement différentes, mais les ordres de grandeur sont cohérents et dans la fourchette d'incertitude usuelle pour ce type d'analyse fréquentielle.

Cours d'eau		Liane à Wirwignes
Superficie (km <sup>2</sup> )		100
T = 10 ans	Débit (m <sup>3</sup> /s)	57
	Débit spécifique (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	0.57
T = 50 ans PROLOG	Débit (m <sup>3</sup> /s)	84 - 89
	Débit spécifique (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	0.84 - 0.89
T = 50 ans DREAL	Débit (m <sup>3</sup> /s)	106
	Débit spécifique (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	1.06
T = 100 ans PROLOG	Débit (m <sup>3</sup> /s)	99 - 107
	Débit spécifique (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	0.99 - 1.07
T = 100 ans DREAL	Débit (m <sup>3</sup> /s)	134
	Débit spécifique (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	1.34
T = 1000 ans PROLOG	Débit (m <sup>3</sup> /s)	164 - 175
	Débit spécifique (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	1.64 - 1.75

Tableau 1 : Débits statistiques de la Liane à Wirwignes

## 1.2 Définition des scénarios

Sachant les incertitudes liées à l'extrapolation des débits rares, fortement dépendants de la méthode utilisée, l'approche retenue vise à se rapprocher de celle demandée par la Directive Inondation en raisonnant sur la base de trois scénarios de référence à savoir :

- fréquent (10 - 30 ans) ;
- moyen (100 - 300 ans) ;
- extrême (> 500 ans).

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

- les cumuls sont les suivants :
  - **scénario fréquent : cumul à Desvres de 57 mm** équivalent à un cumul moyenné de 45 mm sur le bassin versant de la Liane ;
  - **scénario moyen : un cumul moyenné de 76.5 mm**, afin d'être homogène avec le scénario de référence de la Slack, soit un cumul de 98 mm à Desvres ;
  - **scénario extrême : un cumul à Desvres de 130 mm** correspondant à un cumul moyenné de 102 mm sur le bassin versant de la Liane.

	Débit de la Liane à Wirwignes (m <sup>3</sup> /s)	Débit modélisé (m <sup>3</sup> /s)	Cumul moyenné sur la bassin versant (mm)	Cumul à Desvres (mm)
Scénario fréquent (T = 10 ans)	57	63	45	57
Scénario moyen (T = 100 ans)	99 - 107	116	76,5	98
Scénario extrême (T = 1000 ans)	164 - 175	178	102	130

Tableau 2 : Débits objectifs pour les trois scénarios de référence

- 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.

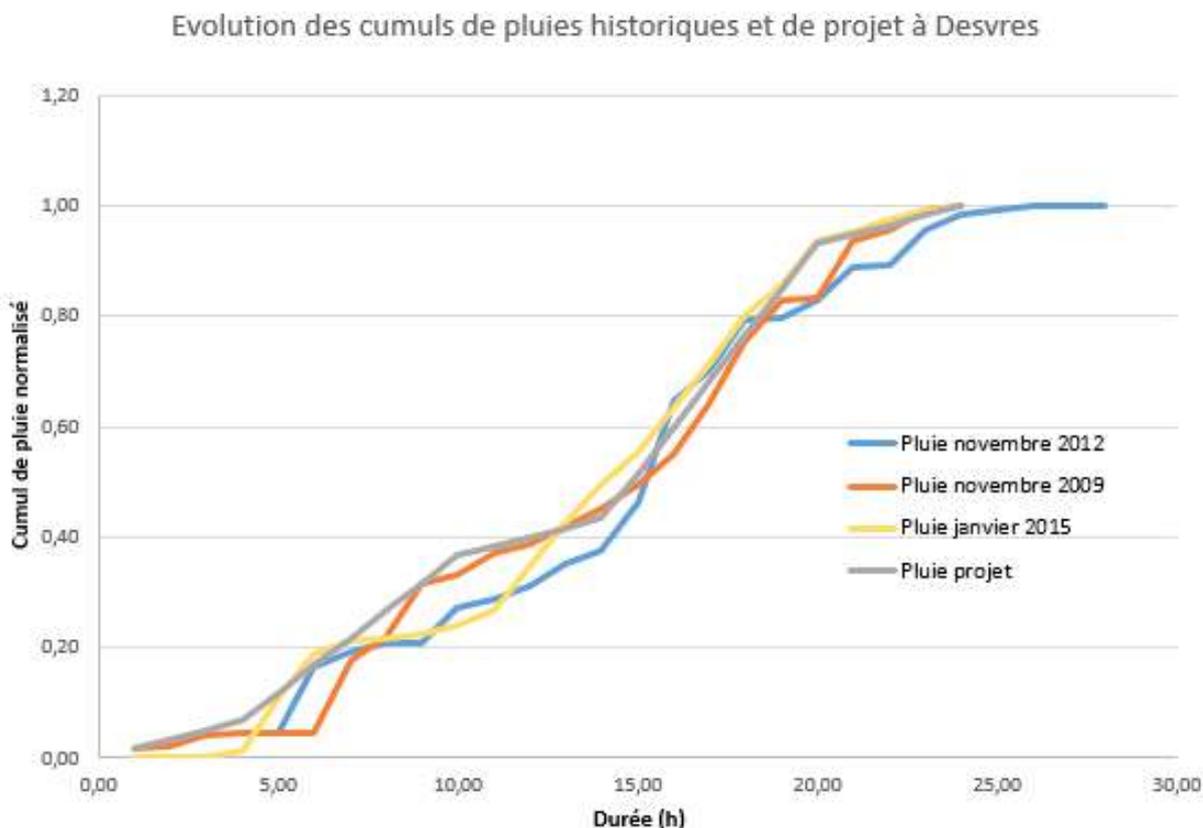


Figure 1 : Évolution des cumuls de pluies historiques et de projet à Desvres

- Sur cette base, il est donc proposé une pluie d'une durée de 24h, comportant deux périodes intenses de 6h réparties dans la journée et représentant 80 % du cumul total de l'événement.

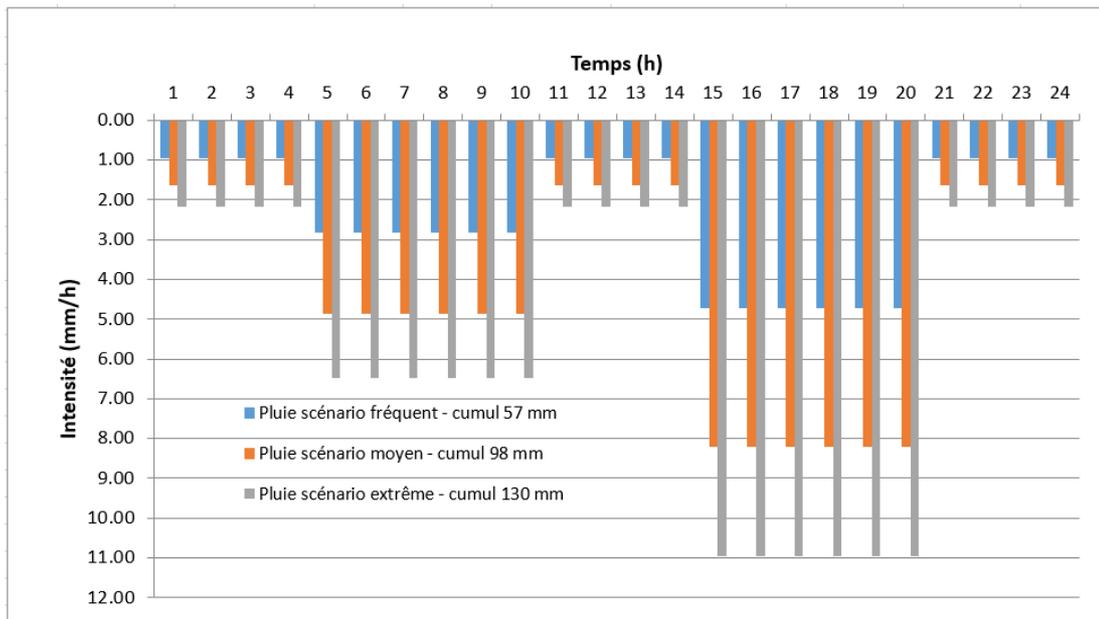


Figure 2 : Pluies de projets suivant les différents scénarios (Cumul à Desvres)

- 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 deux bassins versants.
- Une hypothèse quant à la répartition spatiale de la pluie par le biais 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 seuls 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 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 en tout point des trois bassins versants pour chaque événement. Ensuite, une moyenne des écarts est faite sur cinq événements, comme présenté sur la figure suivante. Aussi, a titre d'illustration 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.

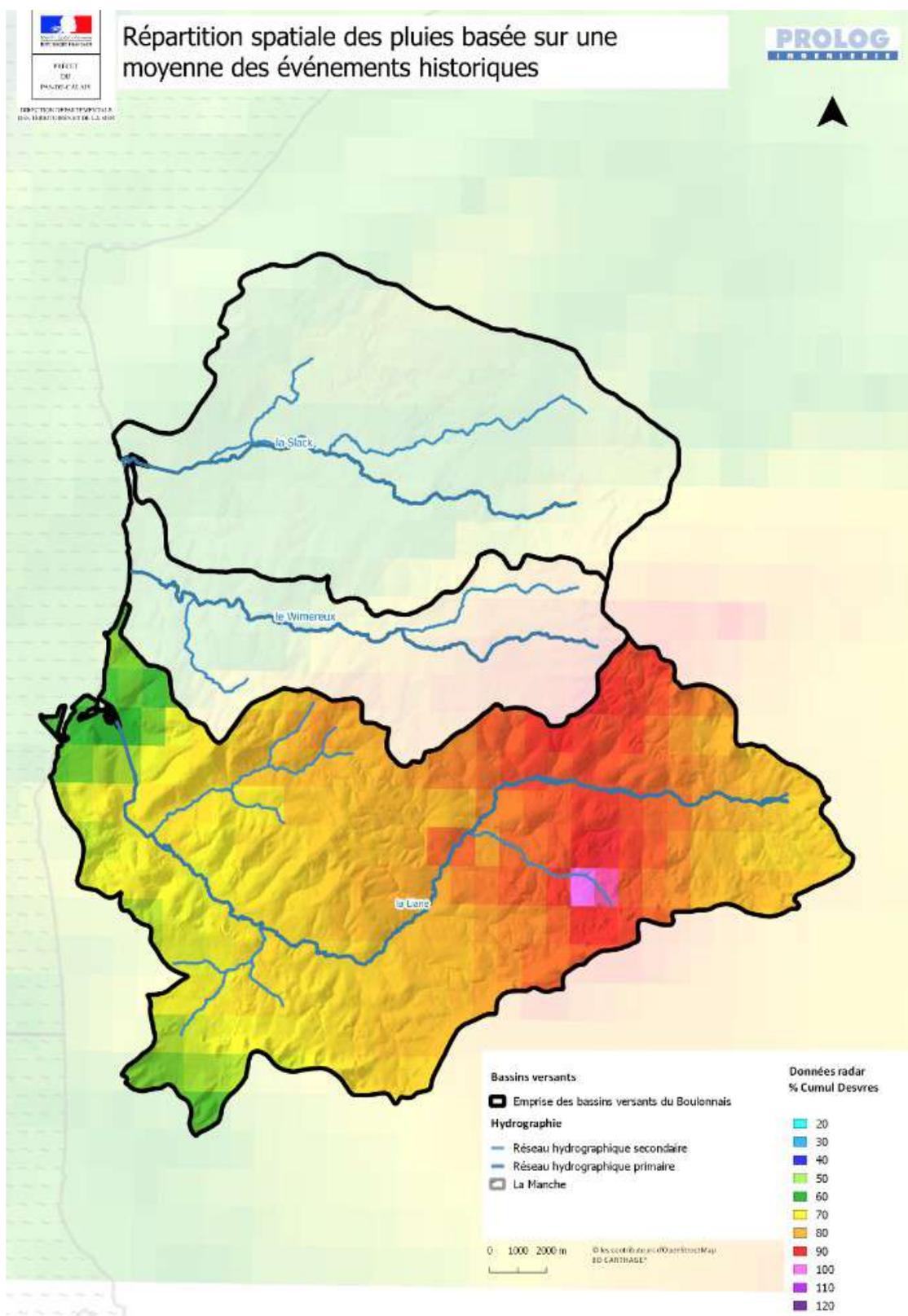


Figure 3 : Répartition spatiale des pluies basée sur une moyenne des événements historiques

- Concernant le niveau de la mer, un test de sensibilité a été réalisé suite à une demande exprimée par les membres du comité technique au cours de la réunion du 9 février 2017 afin d'estimer l'influence de la marée sur les crues fluviales. Cette dernière est présentée en annexe 1. Aussi pour le scénario moyen, les conditions de marées suivantes ont été testées :
  - une marée faible (coefficient 45) ;
  - une marée moyenne (coefficient 70) ;
  - un niveau de mer de période de retour 100 ans (équivalent à une marée forte, à laquelle s'ajoute une surcote météorologique) ;

Le pic de crue fluviale coïncide avec celui de la mare dans les trois cas.

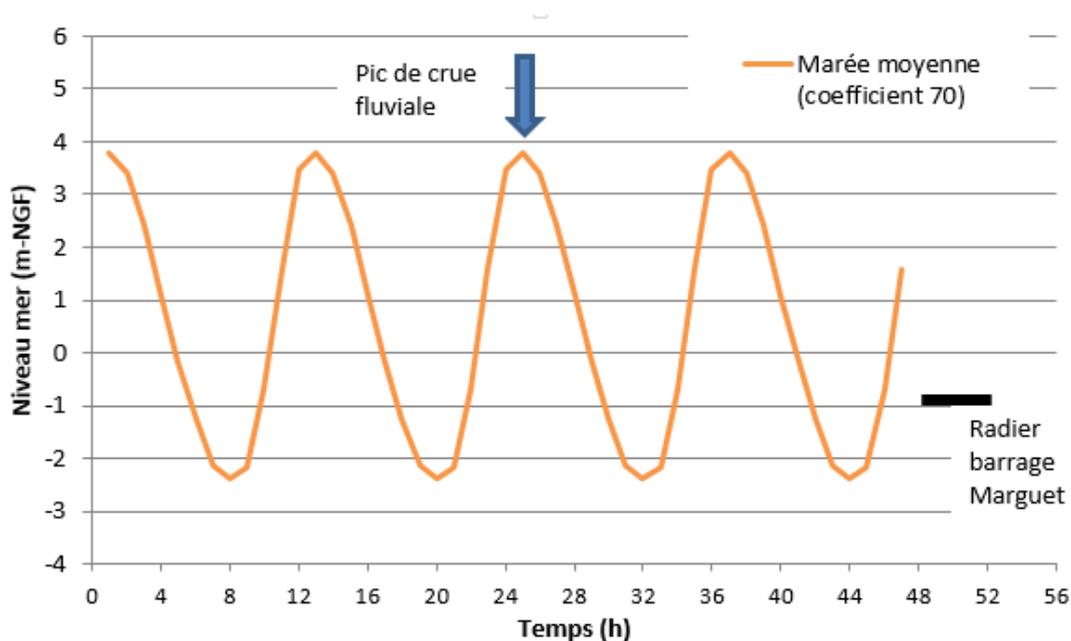


Figure 4 : Marégramme de projet à Boulogne-sur-Mer (marée moyenne)

D'après les calculs, l'influence du niveau marin est nulle dès l'amont du barrage Marguet entre la marée faible et la moyenne et remonte jusqu'au pont de la RN142, au niveau de la commune d'Outreau, pour le niveau de mer de période de retour 100 ans .

**Aussi, l'influence du niveau marin est donc faible en période de crues. Une marée moyenne a ainsi été retenue.**

## **Partie - 2** Définition des aléas

La modélisation des événements de référence, débordement de cours d'eau et ruissellement, permet d'accéder aux hauteurs de submersion maximales et aux vitesses maximales d'écoulement.

Des cartes informatives sur la durée de submersion seront produites.

L'aléa de référence repose donc sur un croisement entre :

- **les hauteurs de submersion**, divisées en 4 classes :
  - inférieures à 50 cm, hauteurs d'eau faibles ;
  - comprises entre 50 cm et 1 m, hauteurs d'eau moyennes ;
  - comprises entre 1 m et 1,5 m, fortes hauteurs d'eau,
  - supérieures à 1,5 m, très fortes hauteurs d'eau.
- **les vitesses d'écoulements**, divisées en 4 classes :
  - inférieures à 0,2 m/s, faibles vitesses d'écoulement ;
  - comprises entre 0,2 et 0,5 m/s, vitesses d'écoulement moyennes ;
  - comprises entre 0,5 et 1m/s, fortes vitesses d'écoulement ;
  - supérieures à 1 m/s, très fortes vitesses d'écoulement.

C'est bien le croisement entre ces deux paramètres qui conditionne le risque sur une zone donnée. En effet, le même niveau d'aléa peut être induit par de fortes hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulements faibles et par de faibles hauteurs d'eau mais des vitesses d'écoulements élevées. La figure ci-dessous illustre l'impact du couplage de ces deux paramètres sur les possibilités de déplacement des personnes en fonction de leur âge.

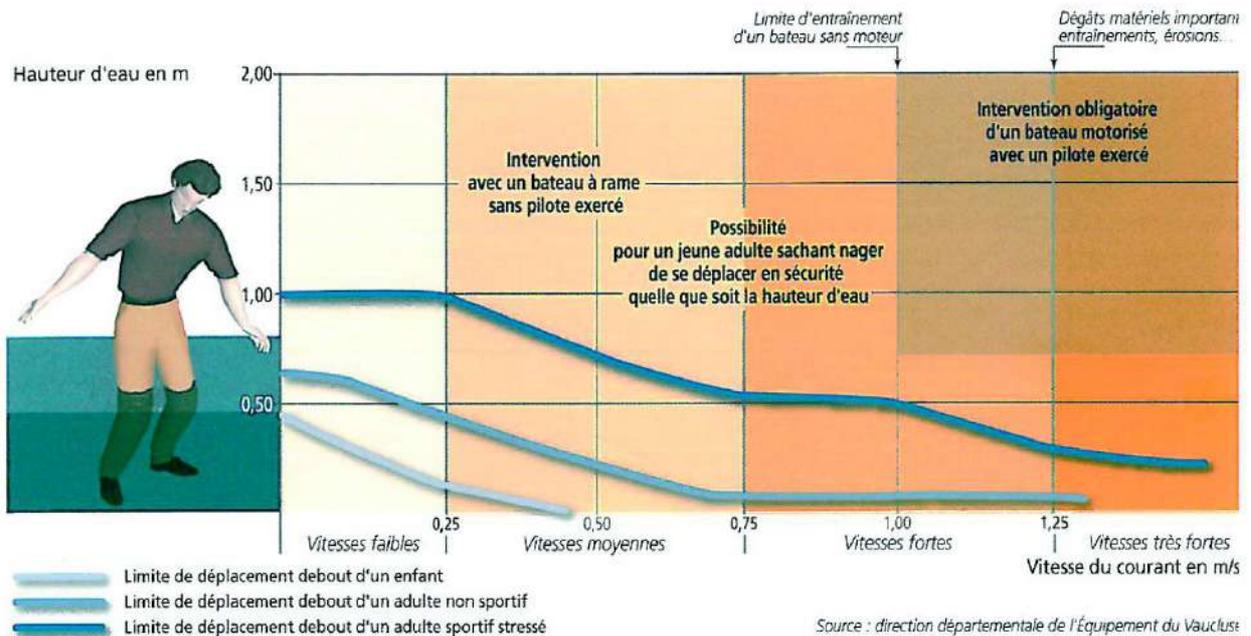


Figure 5 : Possibilités de déplacement des personnes en fonction de la hauteur d'eau et de la vitesse d'écoulement (Source : DDT Vacluse)

La grille d'aléa proposée à la fois pour l'aléa débordement de cours d'eau et pour l'aléa ruissellement est présentée ci-dessous.

<b>Hauteur de submersion</b>	Supérieure à 1,50 m	Très Fort	Très Fort	Très Fort	Très Fort
	de 1 m à 1,50 m	Fort	Fort	Très Fort	Très Fort
	de 50 cm à 1 m	Moyen	Moyen	Fort	Très Fort
	Inférieure à 50 cm	Faible	Moyen	Fort	Très Fort
<b>Vitesse d'écoulement</b>	Inférieure à 0.2 m/s	De 0.2 m/s à 0.5 m/s	De 0.5 m/s à 1 m/s	Supérieure à 1 m/s	

Figure 6 : Grille d'aléa proposée pour les phénomènes de débordement de cours d'eau et de ruissellement

Cette grille d'aléa permet de caractériser le risque débordement de cours d'eau et ruissellement en tout point du territoire et de le cartographier. C'est le croisement de ces cartes d'aléas et des cartes d'enjeux PPR qui permettra de construire la cartographie du zonage réglementaire.

## **Partie - 3**      Méthodologie d'élaboration des cartes

### 3.1 Création des contours de hauteurs et de vitesses

Les résultats bruts extraits d'ICM ont été traités à l'aide du logiciel SIG GrassGIS (version 7.2.0) afin d'obtenir les couches SIG de classes de hauteurs et de vitesses fournies. Les traitements cartographiques réalisés intègrent à la fois les résultats hydrauliques au niveau des mailles 2D du modèle mais aussi ceux calculés par le modèle au niveau des profils en travers. Cela permet de cartographier l'intégralité de l'emprise inondable.

Un travail de nettoyage et de lissage des couches SIG produites a été réalisé, afin de restreindre le poids des fichiers géomatiques produits en sortie et de conserver uniquement les informations pertinentes portées par les couches SIG.

En particulier, pour la problématique ruissellement, la pluie est appliquée sur tout le territoire. En termes de cartographie, cela se manifeste par la création de multiples zones inondées de petite taille (cuvettes) qui nuisent à la lecture globale de la carte et qui ne représentent pas réellement un risque à l'échelle du territoire. Cette problématique, rencontrée dans le cadre de l'élaboration du PPRI ruissellement de NO Lille, a conduit à définir plusieurs critères de filtrage des résultats de modélisation :

- un critère de hauteur d'eau minimum pour filtrer les zones non significatives, un seuil de 3 cm de hauteur a été retenu ;
- un critère de surface inondée minimum pour filtrer les zones de connexion ou d'accumulation de petite taille, isolées et présentant de faibles hauteurs d'eau. Il est proposé ici de filtrer toutes les surfaces inondées de superficie inférieures à 300 m<sup>2</sup>.

De même, pour le débordement, les petits polygones de surfaces inférieures à 50 m<sup>2</sup> ont été supprimés pour la cartographie de l'aléa inondation.

Enfin, un lissage des limites de polygones a été fait afin de supprimer l'effet de « crénelage » lié à l'interpolation des résultats bruts de modélisation hydraulique.

## **3.2 Continuité entre carte d'aléa débordement de cours d'eau et carte d'aléa ruissellement**

L'objectif de la présente étude est d'élaborer, par commune, une carte d'aléa de référence unique qui synthétise à la fois les phénomènes de débordement des cours d'eau et ceux de ruissellement. Le principe général sera de retenir l'aléa le plus pénalisant sur les secteurs touchés à la fois par des débordements et par le ruissellement.

## **3.3 Format des rendus et exemples**

Deux formats de rendu sont proposés pour l'ensemble des cartographies produites :

- au 1/5000è, à l'échelle communale, sur fond cadastral. Les communes n'ayant pas toute la même emprise, le format des cartes sera adapté (A0, A1, A2, A3 ou A4) pour que l'échelle de rendu soit respectée ;
- au 1/25000è, à l'échelle du bassin versant, sur fond SCAN 25.

Les cartographies suivantes seront produites (à la fois pour les problématiques débordement de cours d'eau et ruissellement sachant que pour les communes impactées par les deux phénomènes , elles seront représentées sur une seule et même carte) :

- la cartographie des hauteurs de submersion maximales ;
- la cartographie des vitesses maximales d'écoulement ;
- la cartographie de l'aléa de référence classique.

Les cartes figurent en annexe du rapport.

De plus, les synthèses communales (réalisées au cours de la partie 1) seront complétées pour y ajouter la cartographie des aléas.

L'analyse des résultats de l'aléa sera réalisée au sein du livrable L5 « Analyse du fonctionnement hydraulique et diagnostic du bassin versant de la Liane ».

# Annexes

## Annexe 1 : Influence de la marée

La présente note est consacrée au test de sensibilité ayant été effectué afin de pouvoir évaluer l'influence de la marée sur la ligne d'eau de la Liane en crue.

Pour ce faire, une crue correspondant au scénario moyen de l'étude réalisée par Prolog Ingénierie datant de 2014 dont l'occurrence est estimée à 100 – 300 ans a été simulée pour différentes conditions aux limites aval :

- marée faible (coefficient 45) ;
- marée moyenne (coefficient 70) ;
- niveau de mer de période de retour 100 ans (équivalent à une marée forte, à laquelle s'ajoute une surcote météorologique).

Pour rappel, le niveau marin évolue dans le temps (cycle des marées) et les pics de crue fluviale et de marée coïncident. Pour l'ensemble des tests, la régulation en gestion de crue du barrage Marguet a été intégrée.

L'influence du niveau marin sur la ligne d'eau est représentée ci-dessous.

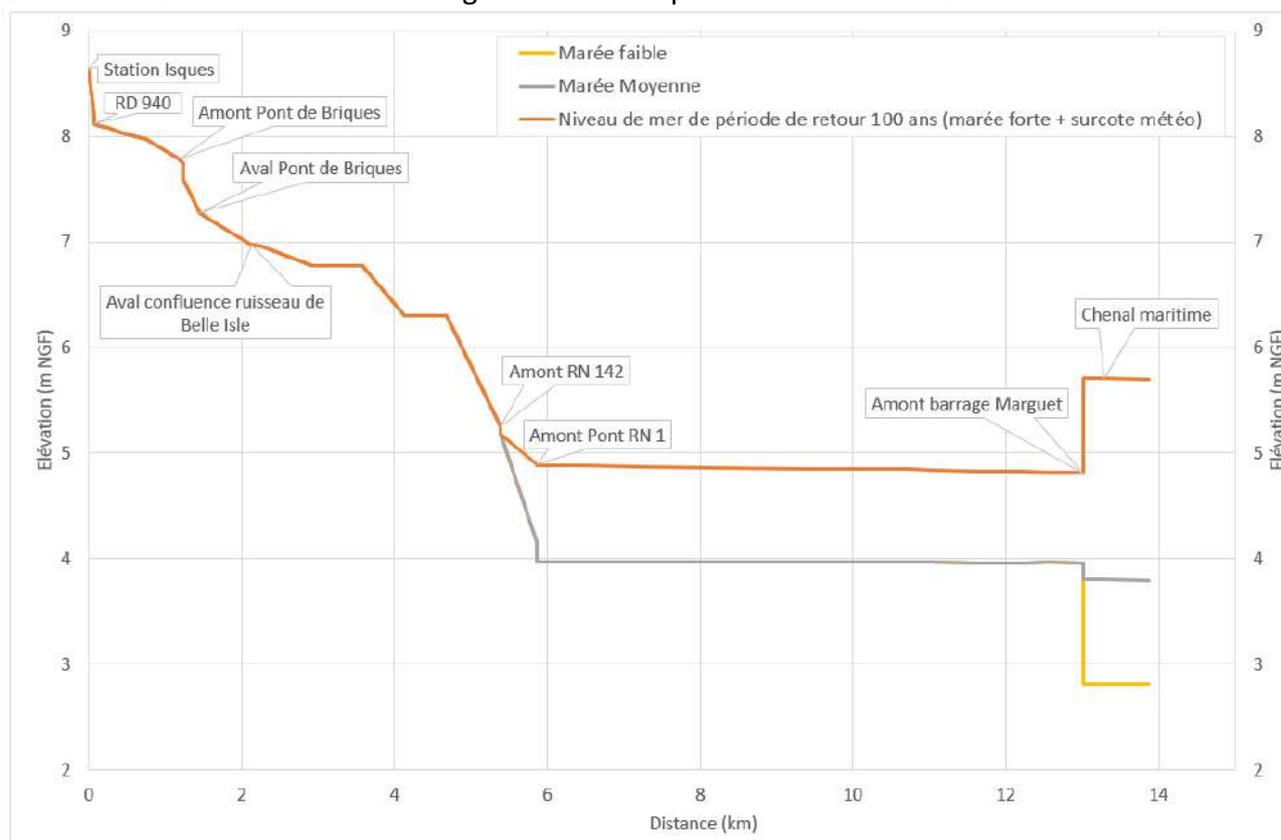


Figure 1 : Impact de la marée sur la ligne d'eau de la Liane en crue (scénario moyen)

D'après les calculs, l'influence du niveau marin :

- est nulle dès l'amont du barrage Marguet entre la marée faible et moyenne ;
- remonte jusqu'au pont de la RN142 au niveau de la commune d'Outreau pour le scénario extrême.

**Aussi, l'influence du niveau marin est donc faible en période de crues.**