



Notice hydraulique sur l'impact de
l'élévation du niveau de la mer sur
le secteur du Nouveau Bassin

Etude hydraulique

Indice	Nbre de pages	Objet de l'indice	Date	Rédigé par	Vérifié par
01	21	Création	Mai 2023	Benoît VANDAMME	S. TANGHE

SOMMAIRE

1	PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	6
2	ANALYSE DES MAREES ET DES HAUTEURS D'EAU	7
2.1	MAREES DE 2023 A OUISTREHAM	7
2.2	OUVRAGES DU PORT DE OUISTREHAM.....	8
2.3	EVOLUTION DE LA LIGNE D'EAU LE LONG DE L'ORNE.....	11
3	PROJECTIONS SUR LA PRESQU'ILE.....	16
3.1	METHODOLOGIE DE CALCUL	16
3.2	PRESENTATION DES ZONES INONDEES	16
4	SYNTHESE	21

Liste des figures

FIGURE 1 : DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE	6
FIGURE 2 : LOCALISATION DES ENTREE D'EAU POTENTIELLES (SOURCE : PPRM DE LA BASSE VALLEE DE L'ORNE)	8
FIGURE 3 : EXTRAIT DU PLAN TOPOGRAPHIQUE DE L'AVANT-PORT (COTE MARINE)	9
FIGURE 4 : EXTRAIT DU PLAN TOPOGRAPHIQUE DE L'OUVRAGE DU MARESQUIER.....	10
FIGURE 5 : DELTA DE HAUTEUR D'EAU ENTRE CAEN ET OUISTREHAM EN FONCTION DES COEFFICIENT DE MAREE.....	15
FIGURE 6 : SECTEURS DU PROJET SITUES SOUS LA COTE 4.74 MNGF	17
FIGURE 7 : SECTEURS DU PROJET SITUES SOUS LA COTE 4.89 MNGF	18
FIGURE 8 : SECTEURS DU PROJET SITUES SOUS LA COTE 5.11 MNGF	19
FIGURE 9 : SECTEURS DU PROJET SITUES SOUS LA COTE 5.22 MNGF	20

Liste des tableaux

TABEAU 1 – CALENDRIER DES MAREES 2023 AU PORT DE OUISTREHAM (SOURCE : MAREE.INFO)	7
TABEAU 2 – CLASSIFICATION DES MAREES DE L'ANNEE 2023 A OUISTREHAM	7
TABEAU 3 – PREVISIONS DES HAUTEURS D'EAU A OUISTREHAM ET CAEN A ECHEANCE 100 ANS	16

1 Présentation de la zone d'étude

Le périmètre de la zone d'étude correspond au secteur dit du « Nouveau Bassin » à Caen. Cette zone est comprise entre le canal Victor Hugo à l'Ouest et le pont Calix à l'Est.



Figure 1 : Délimitation de la zone d'étude

2 Analyse des marées et des hauteurs d'eau

2.1 Marées de 2023 à Ouistreham

Le tableau suivant présente le calendrier des marées sur l'année 2023 :

Tableau 1 – Calendrier des marées 2023 au port de Ouistreham (source : maree.info)

Janvier 2023	Février 2023	Mars 2023	Avril 2023	Mai 2023	Juin 2023	Juillet 2023	Août 2023
01 D Jour de l'an 51 50 02 L Basile 51 52 03 M Geneviève 54 57 04 M Odilon 59 62 05 J Edouard 65 67 06 V Mélaïne 69 71 07 S Raymond 73 74 08 D Lucien 74 74 09 L Aix 74 10 M Guillaume 74 73 11 M Pauline 71 69 12 J Taliana 67 65 13 V Yvette 62 59 14 S Nina 56 53 15 D Rémi 50 47 16 L Marcel 45 44 17 M Roseline 44 46 18 M Prisca 49 54 19 J Marius 59 66 20 V Sébastien 72 79 21 S Agnès 85 91 22 D Vincent 96 100 23 L Banard 103 24 M François de S. 105 105 25 M C. de Paul 103 101 26 J Paule 97 91 27 V Angèle 85 78 28 S Thomas d'A. 71 64 29 D Glidas 57 50 30 L Martine 45 40 31 M Marcelle 38 38	01 M Ella 40 43 02 J Prié du S. 47 52 03 V Blaise 56 61 04 S Véronique 65 69 05 D Agathe 72 75 06 L Gaston 78 80 07 M Eugénie 81 08 M Jacqueline 82 82 09 J Apolline 82 81 10 V Arnaud 90 78 11 S ND de Lourdes 75 72 12 D Fala 68 63 13 L Béatrice 59 54 14 M Valentin 49 45 15 M Claude 41 40 16 J Julienne 42 46 17 V Alexis 52 60 18 S Bernadette 69 77 19 D Gabin 86 93 20 L Aimée 100 105 21 M Damien 109 111 22 M Isabelle 112 23 J Lazare 110 107 24 V Modeste 103 97 25 S Roméo 90 82 26 D Nestor 73 65 27 L Honorine 56 47 28 M Romain 40 33	01 M Aubin 29 28 02 J Charles le Bon 30 34 03 V Guénolé 40 46 04 S Casimir 52 58 05 D Olive 64 69 06 L Colette 73 78 07 M Félécité 81 85 08 M Jean de Dieu 87 89 09 J Françoise 90 10 V Vivien 90 90 11 S Roaine 88 86 12 D Justine 83 79 13 L Rodrigue 74 69 14 M Mathilde 63 57 15 M Louise 50 44 16 J Bénédicte 39 37 17 V Patrice 38 43 18 S Cyrille 51 60 19 D Joseph 70 79 20 L Printemps 88 95 21 M Clémence 102 106 22 M Léa 109 111 23 J Victorien 110 24 V Catherine 108 105 25 S Annonciation 100 94 26 D Leticia 87 79 27 L Habib 71 63 28 M Gontran 54 46 29 M Giviadys 38 31 30 J Amédée 26 24 31 V Benjamin 26 30	01 S Hugues 38 42 02 D Sandrine 49 55 03 L Richard 62 67 04 M Isidore 73 78 05 M Irène 82 86 06 J Marcellin 88 07 V Jean-Baptiste... 91 92 08 S Julie 93 92 09 D Pâques 91 89 10 L L. de Pâques 85 81 11 M Stanislas 76 70 12 M Jules 63 57 13 J Ida 50 44 14 V Maxime 40 39 15 S Paternine 42 48 16 D Benoît-Joseph 56 64 17 L Anicet 72 80 18 M Parfait 87 92 19 M Emma 97 100 20 J Odette 101 21 V Anselme 102 101 22 S Alexandre 99 95 23 D Georges 91 86 24 L Fidèle 80 74 25 M Marc 67 60 26 M Alda 53 46 27 J Zita 40 34 28 V Valérie 29 27 29 S Catherine... 27 29 30 D Robert 34 39	01 L Fête du travail 45 51 02 M Boris 57 63 03 M Philippe, Jacques 68 73 04 J Sylvain 78 82 05 V Judith 85 88 06 S Prudence 90 07 D Gisèle 90 90 08 L Armistice 194 90 88 09 M Pacôme 85 81 10 M Solange 76 71 11 J Estelle 65 60 12 V Achille 54 51 13 S Rolande 46 48 14 D Mathias 50 54 15 L Denise 59 64 16 M Honoré 70 74 17 M Pascal 79 82 18 J Ascension 85 86 19 V Yves 87 87 20 S Bernardin 87 21 D Constantin 85 83 22 L Emile 80 77 23 M Didier 73 69 24 M Donatien 65 60 25 J Sophie 55 50 26 V Blersange 46 41 27 S Augustin 39 35 28 D Germain 34 34 29 L Aymar 35 38 30 M Ferdinand 42 46 31 M V. Ste Vierge 51 56	01 J Justin 61 66 02 V Blandine 71 75 03 S Kévin 79 82 04 D Clotilde 84 86 05 L Igor 87 06 M Norbert 88 87 07 M Gilbert 86 84 08 J Médard 81 77 09 V Diane 73 70 10 S Landry 66 63 11 D Barnabé 60 58 12 L Guy 57 57 13 M Antoine de P. 58 60 14 M Elise 62 64 15 J Germaine 66 68 16 V J-F Régis 70 71 17 S Hervé 72 73 18 D Léonce 74 74 19 L Roumald 74 20 M Silvère 73 72 21 M Elé 70 69 22 J Alban 66 64 23 V Audrey 61 58 24 S Jean-Baptiste 56 53 25 D Prosper 50 47 26 L Anthelme 45 43 27 M Fernand 42 41 28 M Irénée 42 43 29 J Pierre, Paul 46 49 30 V Marial 53 58	01 S Thierry 62 67 02 D Martine 72 77 03 L Thomas 81 85 04 M Florent 88 05 M Antoine 90 92 06 J Mariette 93 93 07 V Raoul 92 89 08 S Thibaut 86 83 09 D Amandine 78 74 10 L Ulrich 69 64 11 M Benoît 59 56 12 J Henri Joël 50 51 13 S Fête Nationale 52 54 14 S Donald 57 60 15 D ND du M. Carme 62 65 16 L Charlotte 67 69 17 M Arsène 71 18 M Frédéric 72 73 19 V Victor 73 72 20 J Marina 73 73 21 V Victor 71 69 22 S Marie-Madeleine 71 69 23 D Brigitte 67 65 24 L Christine 62 59 25 M Jacques 56 52 26 M Anne, Joachin 49 46 27 J Nathalie 44 42 28 V Samson 42 43 29 S Marthe 45 50 30 D Juliette 55 62 31 L Ignace de L. 68 75	01 M Alphonse 82 88 02 M Julien E. 83 03 J Lydie 88 102 04 V Jean-Marie V. 104 104 05 S Abel 104 101 06 D Transfiguration 97 92 07 L Gaëtan 86 79 08 M Dominique 72 64 09 M Amour 57 50 10 J Laurent 44 40 11 V Claire 38 39 12 S Clarisse 41 45 13 D Hippolyte 40 54 14 L Evard 59 63 15 M Assomption 67 70 16 M Arnel 74 76 17 J Hyacinthe 78 18 V Hélène 80 81 19 S Jean-Eudes 81 81 20 D Bernard 80 79 21 L Christophe 77 74 22 M Fabrice 71 68 23 M Rose de L. 64 59 24 J Barthélémy 54 49 25 V Louis 44 40 26 S Natalcha 37 37 27 D Monique 40 45 28 L Augustin 52 61 29 M Sabine 70 79 30 M Fiacre 87 95 31 J Aristide 102

Septembre 2023	Octobre 2023	Novembre 2023	Décembre 2023
01 V Gilles 107 110 02 S Ingrid 112 112 03 D Grégoire 110 107 04 L Rosalie 101 95 05 M Raïssa 87 79 06 M Bertrand 70 61 07 J Reine 52 44 08 V Nativité 37 32 09 S Alain 30 31 10 D Inès 35 41 11 L Adélie 47 53 12 M Apollinaire 59 64 13 M Aimé 69 73 14 V Croix Glorieuse 77 80 15 V Roland 83 16 S Edith 85 86 17 D Renaud 87 87 18 L Nadège 87 85 19 M Emile 83 80 20 M Davy 77 72 21 J Mathieu 67 62 22 V Maurice 56 49 23 S Autonne 43 38 24 D Théo 35 35 25 L Hermann 39 47 26 M Côme, Damien 55 65 27 M Vincent de P. 75 84 28 J Venceslas 92 100 29 V Mich. Gab., Raj 105 110 30 S Jérôme 112	01 D Thérèse... 112 111 02 L Léger 108 104 03 M Gérard 98 91 04 M François... 83 75 05 J Fleur 66 57 06 V Bruno 48 40 07 S Serge 33 28 08 D Pélégie 26 28 09 L Denis 32 38 10 M Ghislain 44 51 11 M Fern 57 63 12 J Wilfried 68 73 13 V Géraud 77 81 14 S Juste 84 86 15 D Thérèse... 88 16 L Edwige 89 89 17 M Baudoin 88 87 18 M Luc 85 82 19 J René 78 73 20 V Adeline 68 62 21 S Céline 56 50 22 D Edoie 44 40 23 L Jean... 38 40 24 M Florentin 45 52 25 M Crépin 60 69 26 J Dimitri 77 85 27 V Emeline 91 97 28 S Jude 101 103 29 D Narcisse 104 104 30 L Bienvenu 102 99 31 M Quentin 95	01 M Toussaint 99 84 02 J Défunts 78 71 03 V Hubert 63 56 04 S Charles 49 42 05 D Sylvie 36 31 06 L Bertille 29 29 07 M Carine 31 35 08 M Geoffroy 40 45 09 L Théodore 51 56 10 V Léon 62 66 11 S Armistice 71 75 12 D Christian 79 82 13 L Brice 84 86 14 M Sidoine 87 87 15 M Albert 86 84 16 J Marguerite 82 17 V Elisabeth 79 75 18 S Aude 71 66 19 D Tanguy 61 56 20 L Edmond 52 49 21 M P. de Marie 48 49 22 M Cécile 52 58 23 J Clément 61 67 24 V Flora 72 77 25 S Catherine 81 85 26 D Delphine 88 89 27 L Sévin 90 90 28 M Jacques... 89 87 29 M Saturnin 85 30 J André 82 78	01 V Florence 74 69 02 S Viviane 64 60 03 D François-Xav... 54 50 04 L Barbara 45 41 05 M Gérard 38 36 06 M Nicolas 35 35 07 J Ambroise 36 39 08 V Immaculée C. 43 47 09 S Pierre Fourier 51 56 10 D Romaric 61 65 11 L Daniel 70 73 12 M JF de Chantal 77 80 13 M Lucie 82 84 14 J Odile 85 86 15 V Ninon 85 16 S Alice 84 83 17 D Gaël 80 77 18 L Gatien 74 71 19 M Urban 67 64 20 M Théophile 61 59 21 J Hiver 57 57 22 V Françoise-Xav... 57 59 23 S Amand 61 63 24 D Adèle 66 69 25 L Noël 71 74 26 M Etienne 75 77 27 M Jean 78 78 28 J Innocents 78 78 29 V David 77 30 S Roger 75 73 31 D Sylvestre 71 68

L'année 2023 totalise 705 marées hautes réparties comme suit :

Tableau 2 – Classification des marées de l'année 2023 à Ouistreham

Coefficients	<30	31-49	50-64	65-79	80-89	90-99	100-109	>109
Nombre de pleine mer	17	135	154	181	119	47	39	13
fréquence empirique	2.4%	19.1%	21.8%	25.7%	16.9%	6.7%	5.5%	1.8%
Hauteur d'eau à Ouistreham (CM) (*)	5.81	6.54	6.91	7.33	7.52	7.67	7.89	8

(*) les cotes marines indiquées sont les cotes maximales prévues sur l'année 2023 du haut de la classe définie

Ainsi, il est prévu :

- 13 pleines mer de coefficients supérieurs à 109,
- 39 pleins mer de coefficients compris entre 100 et 109,
- ...

2.2 Ouvrages du Port de Ouistreham

Il existe 3 ouvrages principaux au niveau du Port de Ouistreham qui conditionne la remontée de la mer dans le canal et dans l'Orne :

- Ouvrage du Maresquier (O5) ;
- Les portes des écluses à l'embouchure du canal de Caen à la mer (O1 et O2)

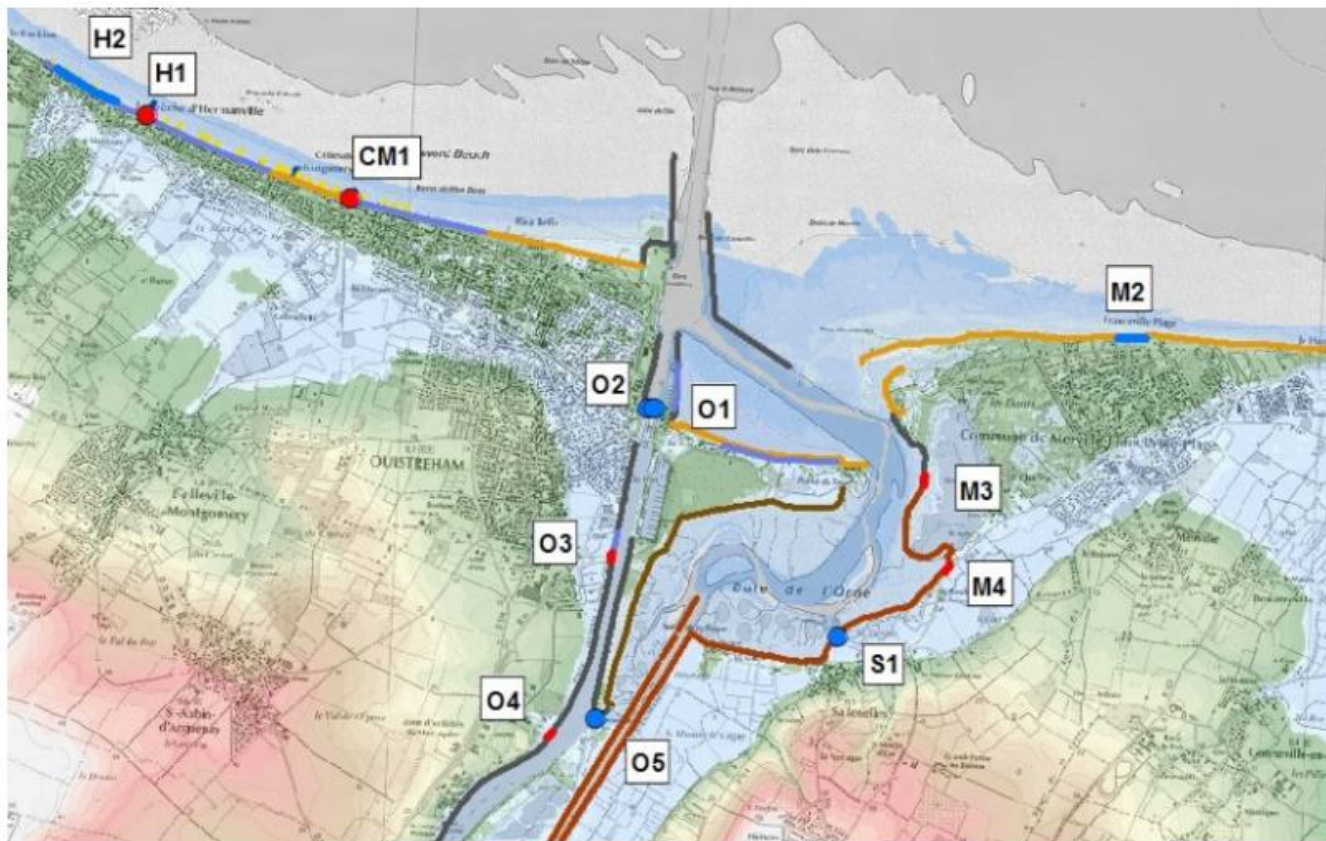


Figure 2 : Localisation des entrées d'eau potentielles (source : PPRm de la basse vallée de l'Orne)

La figure suivante présente un relevé topographique de l'Avant-Port et de l'Ecluse Est et Ouest de Ouistreham :

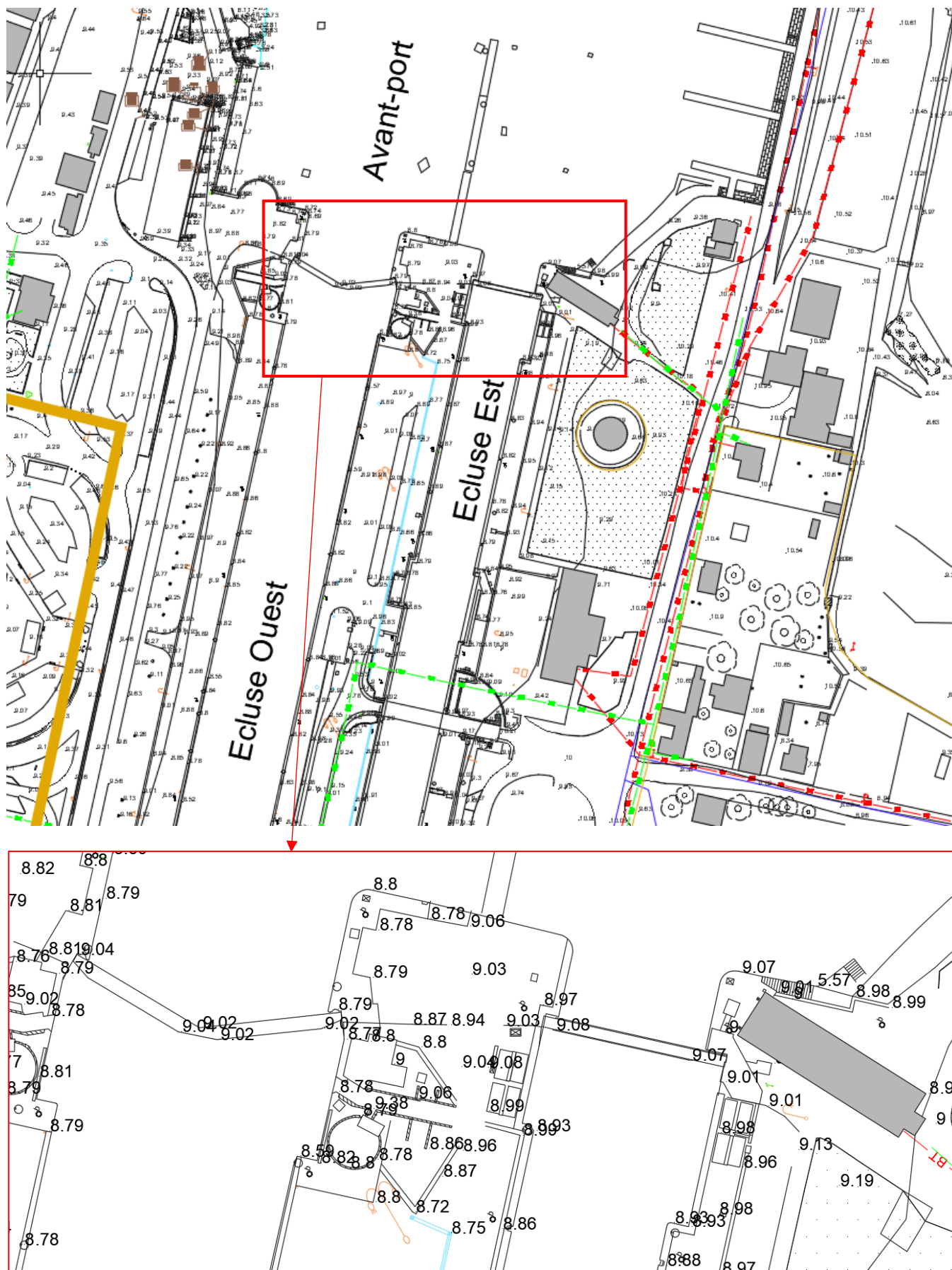


Figure 3 : Extrait du plan topographique de l'Avant-port (Cote Marine)

Ainsi il paraît que le passage d'eau par-dessus les écluses sont possibles à partir des cotes suivantes :

- Ecluse Ouest aval : 9.02 m CM ;
- Ecluse Ouest amont : 9.23 m CM ;
- Ecluse Est : 9.08 m CM ;
- Quai situé entre les écluses : environ 9.0 m CM.

La figure suivante présente les levés topographiques aux abords de l'ouvrage du Maresquier.

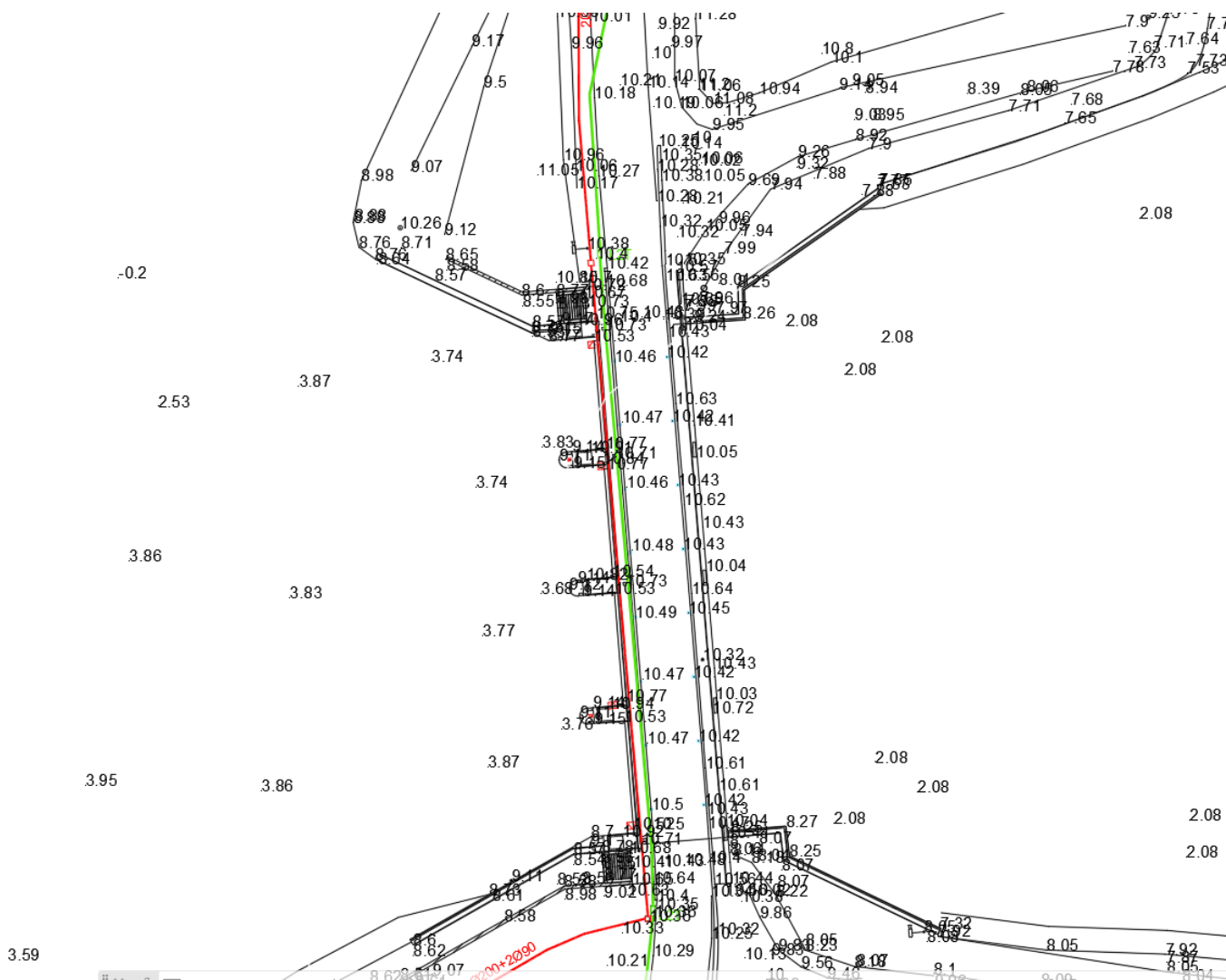


Figure 4 : Extrait du plan topographique de l'ouvrage du Maresquier

Les cotes des vannes ne sont pas visibles. En revanche, les consignes concernant l'organisation en temps de crues de Ports de Normandie précisent que l'intervalle de manœuvrabilité de cet ouvrage est de [7.4 ; 8.0] m CM. Ainsi il semble qu'au-delà de 8.0 m CM il puisse se produire une remontée de la mer dans le canal par submersion de l'ouvrage.

2.3 Evolution de la ligne d'eau le long de l'Orne

Les données transmises par Ports de Normandie comprennent :

- Date et heure de la mesure ;
- Hauteur d'eau à l'amont de l'ouvrage de Montalivet ;
- Hauteur d'eau à l'aval de l'ouvrage de Montalivet ;
- Débit mesuré.

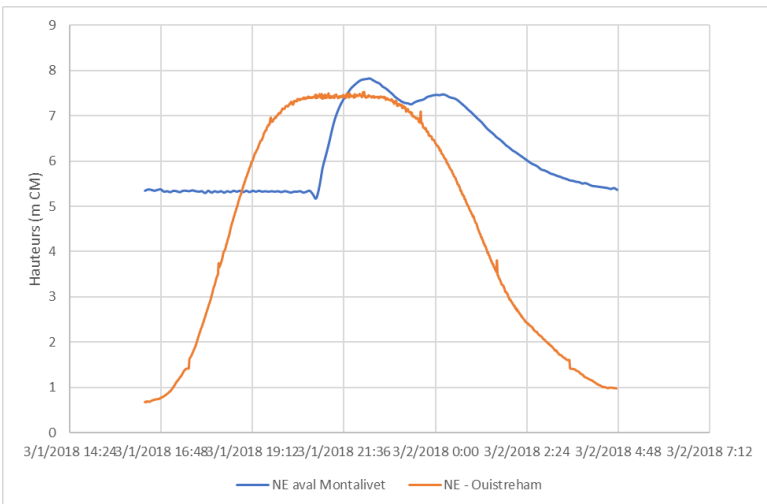
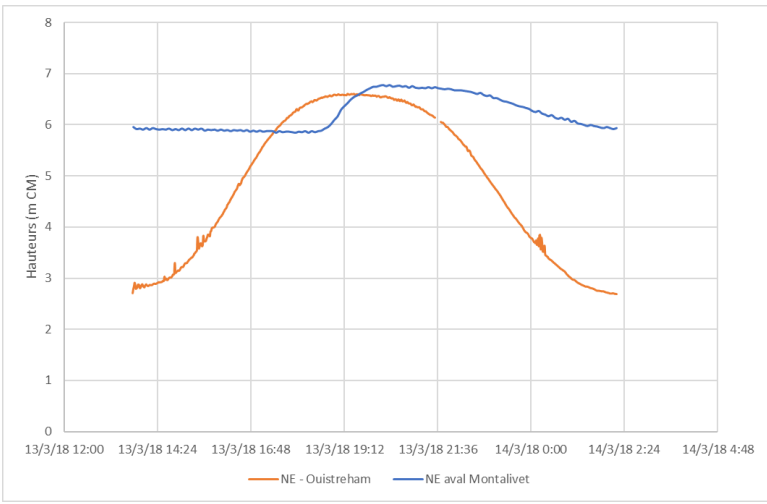
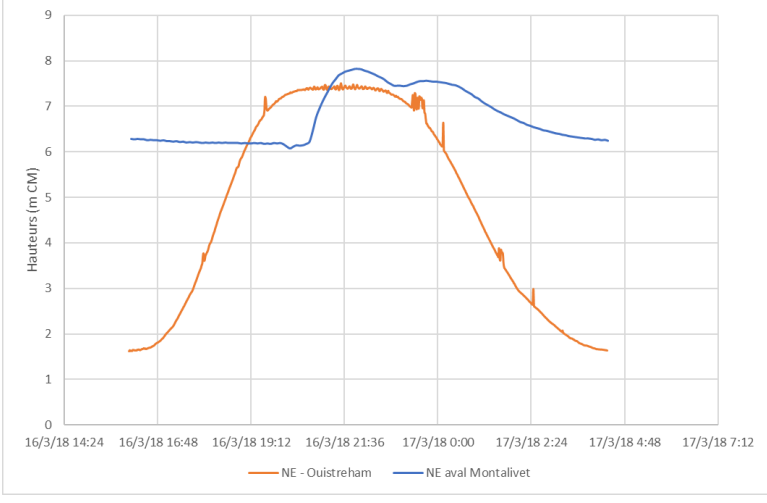
Selon les plages suivantes :

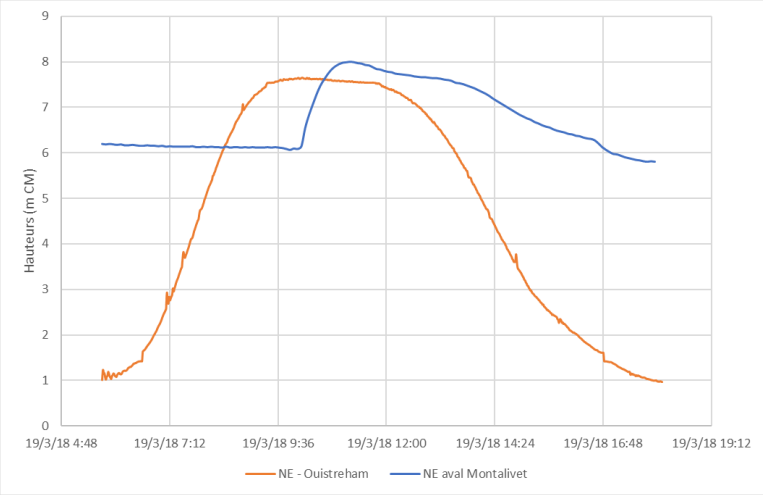
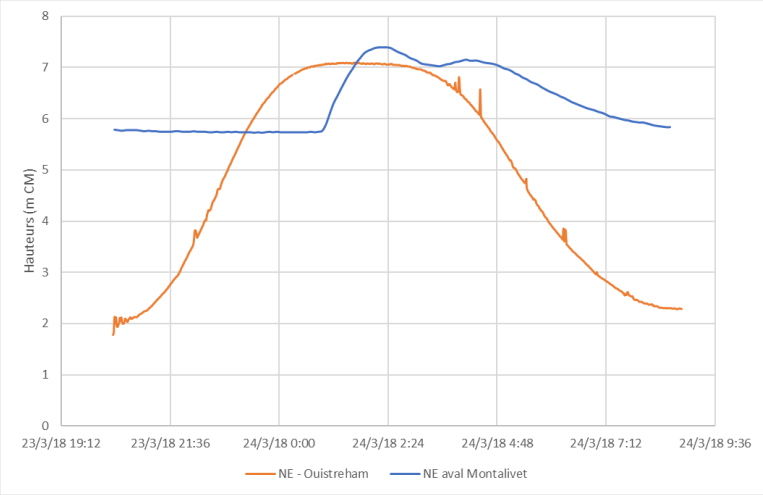
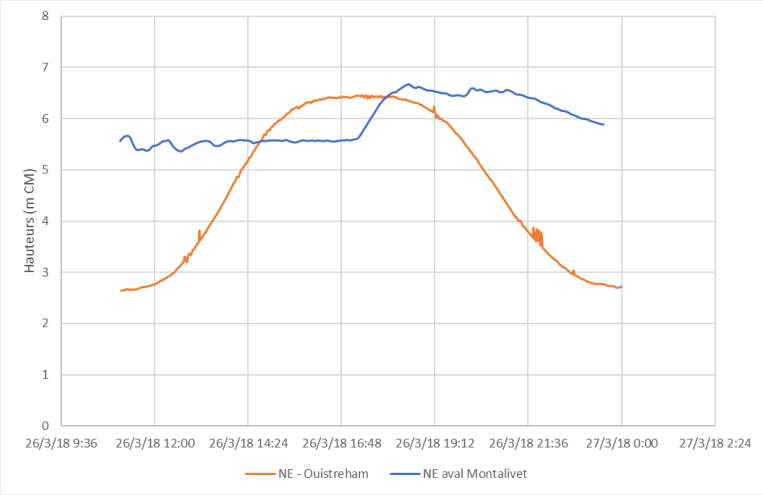
Date de début	Date de fin
27-11-2017	01-01-2018
31-12-2017	04-02-2018
02-02-2018	09-03-2018
10-03-2018	08-04-2018
14-04-2018	19-05-2018
20-05-2019	24-06-2018
01-07-2018	05-08-2018
05-08-2018	09-09-2018
09-09-2018	14-10-2018
14-10-2018	18-11-2018
23-12-2018	27-01-2019
27-01-2019	03-03-2019

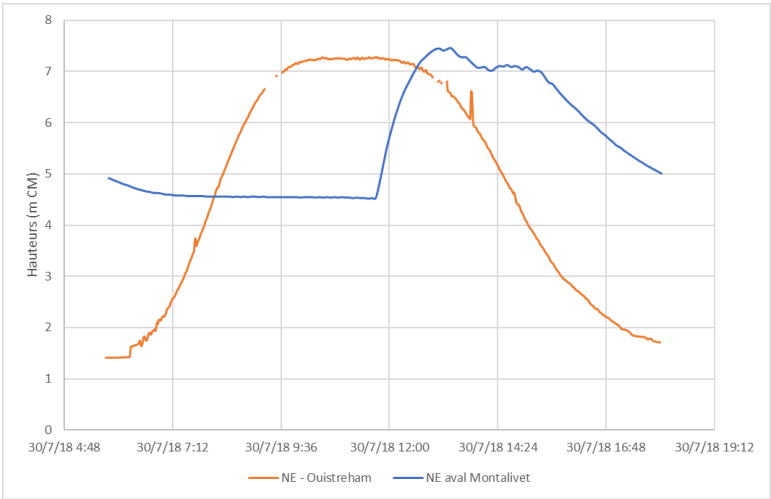
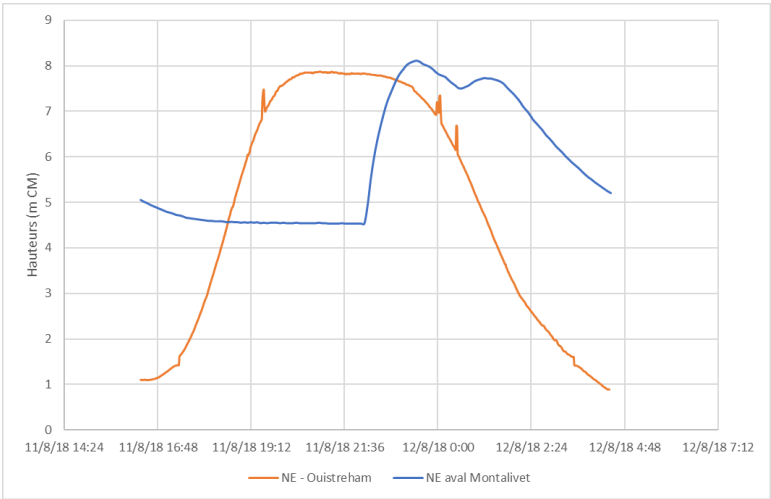
Des dates clés ont été extraites de ces mesures pour analyser :

- Des période d'étiage, de module et d'environ deux fois le module pour le débit de l'Orne ;
- Des coefficients de marée faible, moyen et fort (40, 80 et 100).

Le tableau page suivante présente les courbes de hauteur d'eau transmises par Ports de Normandie avec les données brutes temps réel des services du SHOM aux dates sélectionnées.

Date	Comparaison des lignes d'eau
01/03/2018 COEFF 102 Débit Orne : Module DELTA H : 0.29 m	
13/03/2018 COEFF 47 Débit Orne : 2xModule DELTA H : 0.17 m	
16/03/2018 COEFF 80 Débit Orne : 2xModule DELTA H : 0.31 m	

Date	Comparaison des lignes d'eau
19/03/2018 COEFF 98 Débit Orne : 2xModule DELTA H : 0.41 m	
23/03/2018 COEFF 78 Débit Orne : Module DELTA H : 0.29 m	
26/03/2018 COEFF 47 Débit Orne : Module DELTA H : 0.22 m	

Date	Comparaison des lignes d'eau
30/07/2018 COEFF 78 Débit Orne : étiage DELTA H : 0.17 m	 Hauteurs (m CM) NE - Ouistreham NE aval Montalivet
11/08/2018 COEFF 103 Débit Orne : étiage DELTA H : 0.24 m	 Hauteurs (m CM) NE - Ouistreham NE aval Montalivet

Le graphique suivant synthétise les différences de hauteurs entre l'aval de l'ouvrage de Montalivet et le niveau de la mer à Ouistreham en fonction des différents coefficients de marée.

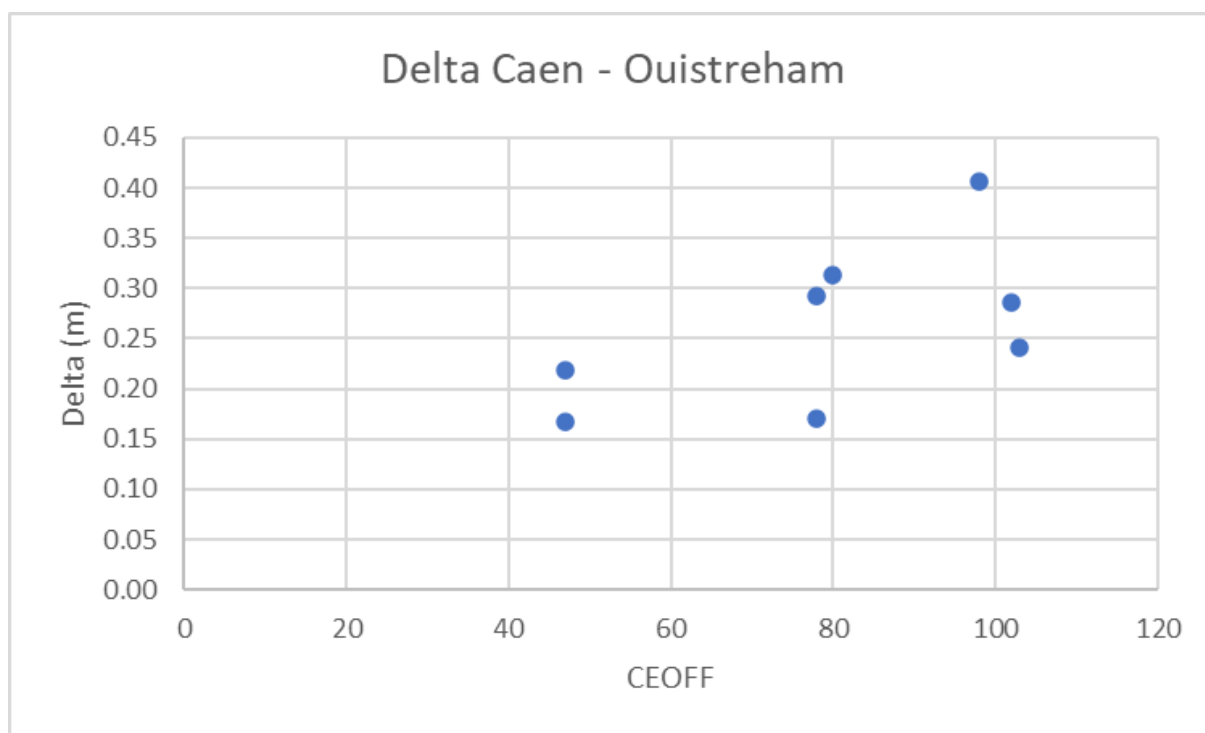


Figure 5 : Delta de hauteur d'eau entre Caen et Ouistreham en fonction des coefficient de marée

Ainsi on s'aperçoit que la différence de hauteur d'eau s'établit :

- Autour de 0.20 m pour les faibles coefficients et pour la période d'étiage ;
- Autour de 0.30 m pour les coefficients moyens hors étiage ;
- Autour de 0.30 m pour les coefficients forts hors période de crue (0.40 pour 2 fois le module).

L'objectif de l'étude étant de prendre en compte un écoulement dit normal de l'Orne, un delta de 30 cm sera appliqué entre les hauteurs de marée prédites et le niveau d'eau prévisible à Caen lors des coefficients de marée supérieurs à 80. Pour les coefficients plus faibles, le delta appliqué sera de 20 cm.

3 Projections sur la Presqu'île

3.1 Méthodologie de calcul

Conformément aux échanges avec Stéphane COSTA, co-président du GIEC Normand, il est considéré une rehausse moyenne de +1 m à échéance 100 ans pour tenir compte de l'élévation du niveau de la mer due au réchauffement climatique.

Le tableau suivant présente les niveaux d'eau attendus à Ouistreham et à CAEN, en appliquant cette rehausse ainsi que le delta de hauteur d'eau entre Caen et Ouistreham.

Tableau 3 – Prévisions des hauteurs d'eau à Ouistreham et Caen à échéance 100 ans

Coefficients	<30	31-49	50-64	65-79	80-89	90-99	100-109	>109
Nombre de pleine mer	17	135	154	181	119	47	39	13
Fréquence empirique	2.4%	19.1%	21.8%	25.7%	16.9%	6.7%	5.5%	1.8%
Hauteur d'eau à Ouistreham (CM) 2023	5.81	6.54	6.91	7.33	7.52	7.67	7.89	8
H-ouistreham + 1m (CM) 2123	6.81	7.54	7.91	8.33	8.52	8.67	8.89	9
H-Caen +1m (mNGF) 2123	2.93	3.66	4.03	4.45	4.74	4.89	5.11	5.22

Les valeurs présentées en rouge sont celles susceptibles de provoquer des débordements sur la presqu'île

Les prévisions de hauteurs d'eau à Caen ne tiennent pas compte d'éventuelles crues du cours d'eau et on se place dans le cadre d'un écoulement normal du fleuve. De même, les éventuelles modifications des ouvrages à l'embouchure écluses, ouvrages du Maresquier, qui pourraient avoir lieu à échéance 100 ans ne sont pas prises en considération.

Ainsi, on s'aperçoit que la cote d'eau atteinte par les pleines mers de coefficients supérieurs à 109 (qui se produisent aujourd'hui 13 fois dans l'année), environ 8 mCM, sera observée près de 400 fois dans l'année sur les 705 pleines mers à échéance 100 ans (soit 56 % du temps).

3.2 Présentation des zones inondées

Les figures présentées pages suivantes mettent en lumière les zones du projet situées sous le niveau d'eau estimé à Caen en tenant compte de la rehausse du niveau marin et du delta de hauteur d'eau entre Ouistreham et Caen. Seules les surfaces contiguës avec l'Orne et le Canal de Cane à la Mer sont mises en avant. Il est à préciser que ces zones ne sont pas issues de modélisations hydrauliques dynamiques mais sont le fruit d'une approche simplifiée.

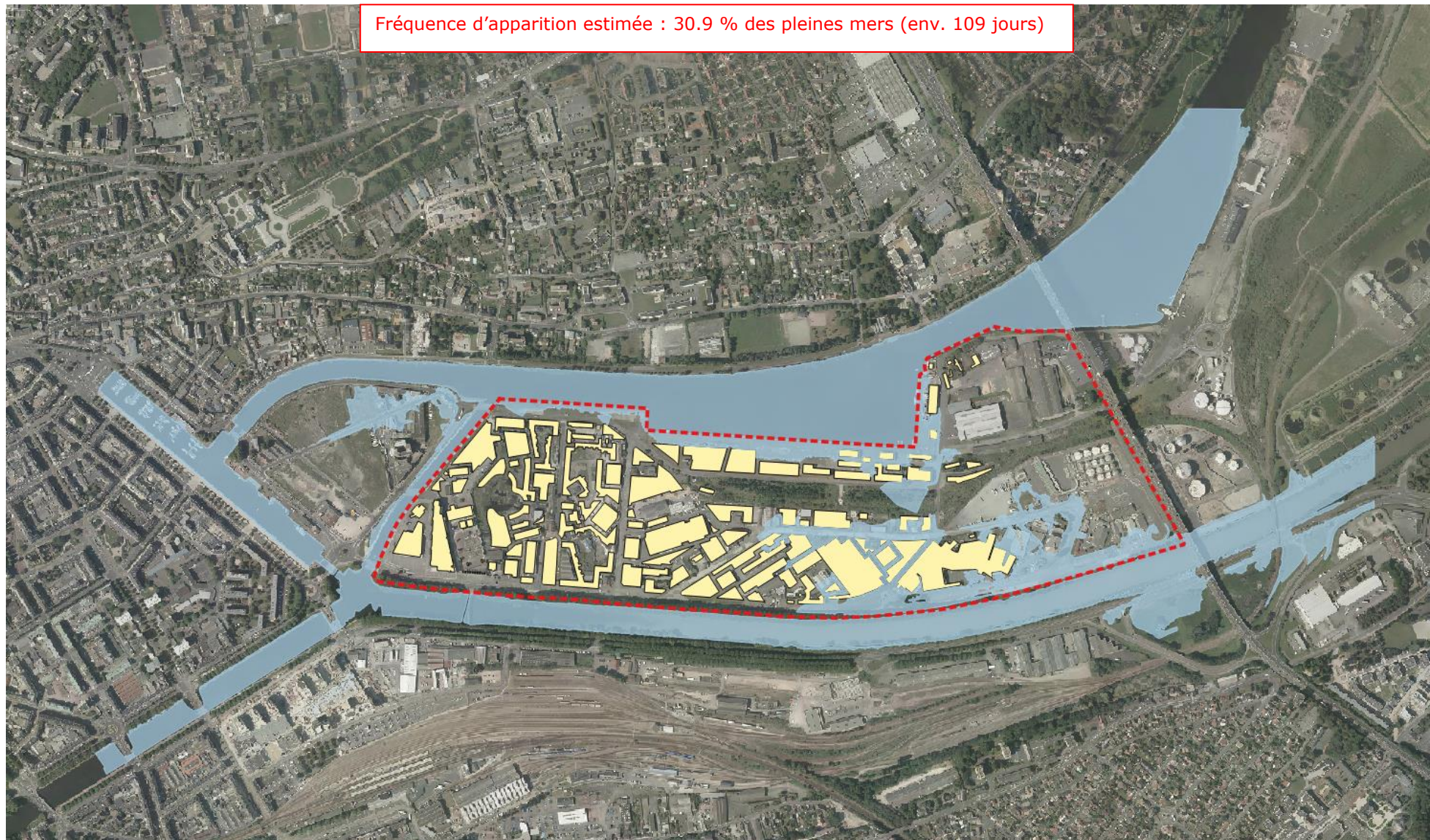


Figure 6 : Secteurs du projet situés sous la cote 4.74 mNGF

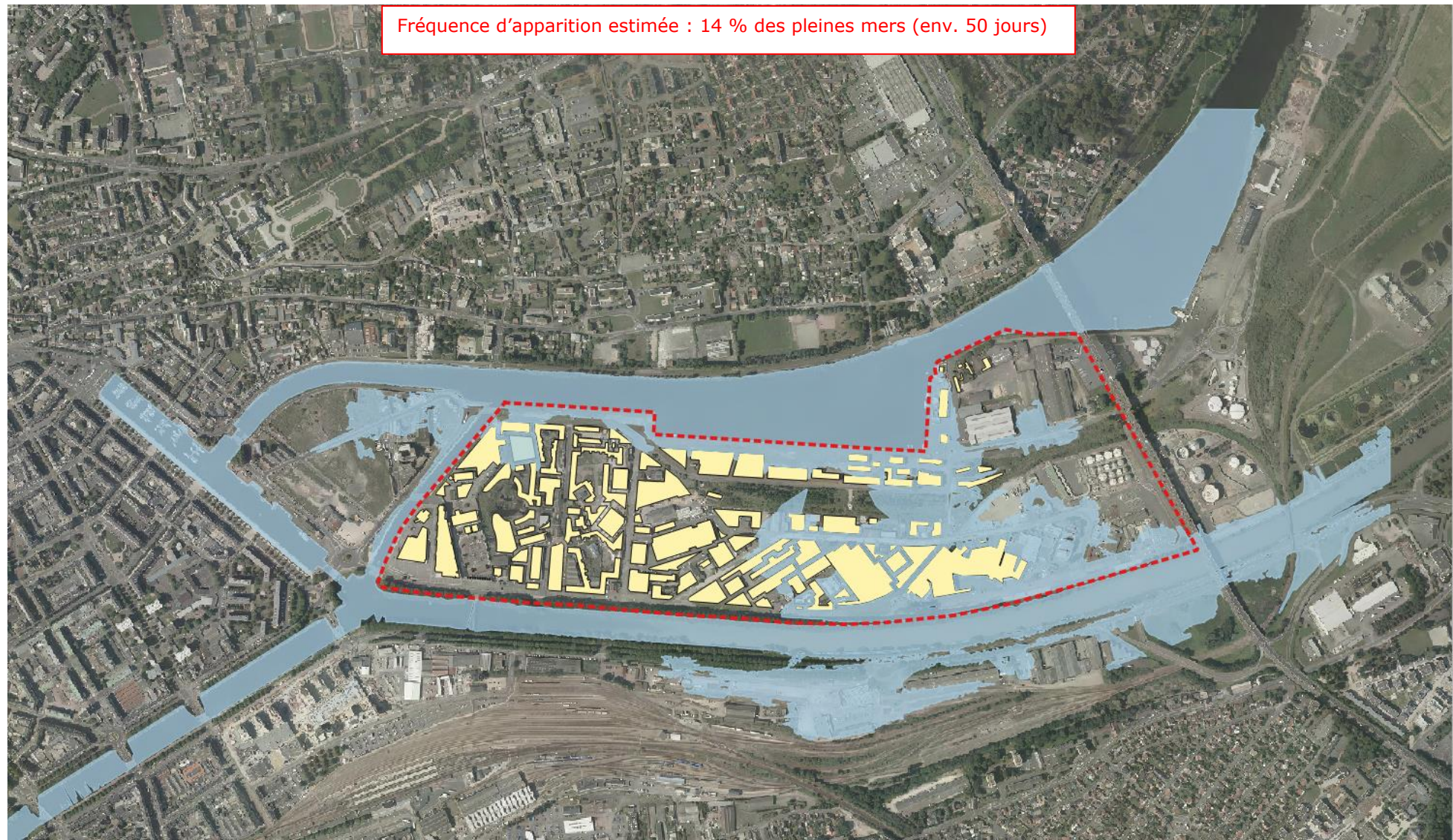


Figure 7 : Secteurs du projet situés sous la cote 4.89 mNGF

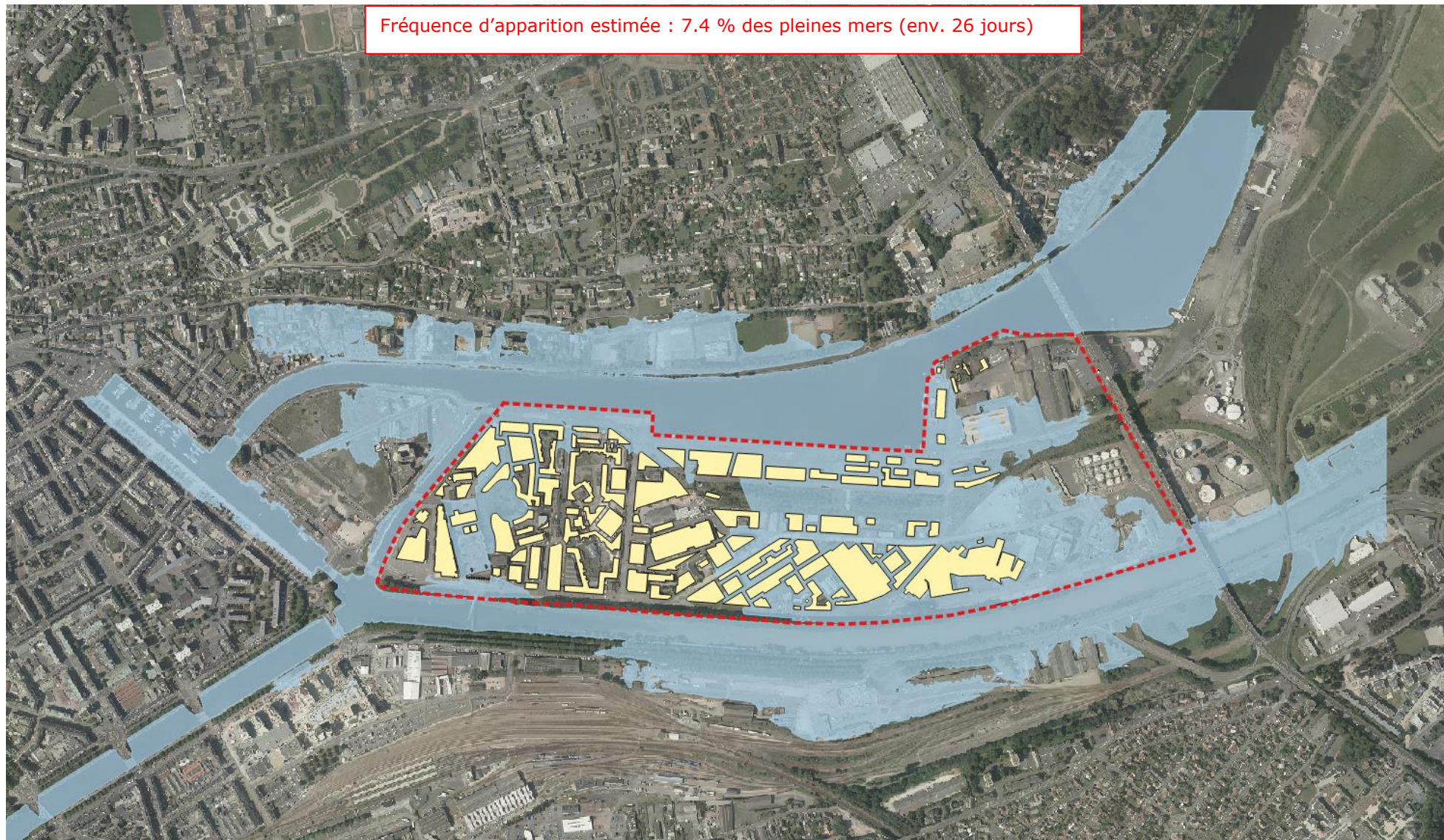


Figure 8 : Secteurs du projet situés sous la cote 5.11 mNGF

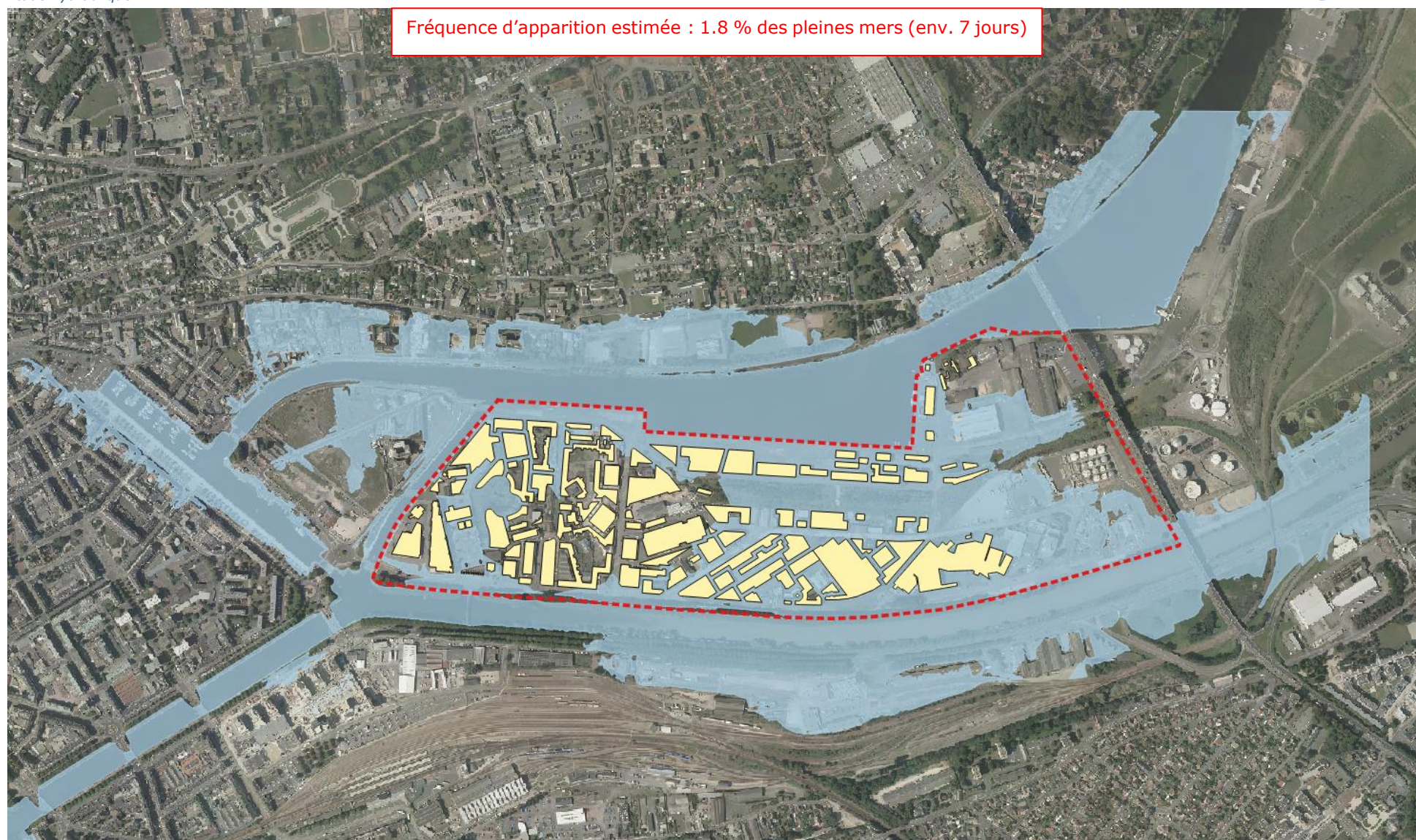


Figure 9 : Secteurs du projet situés sous la cote 5.22 mNGF

4 Synthèse

La présente notice a pour but de produire une réflexion sur les conséquences de l'élévation du niveau de la mer à échéance 100 ans due au réchauffement climatique.

L'approche simplifiée mise en œuvre dans le cadre de la présente notice prend en compte une élévation moyenne du niveau marin de + 1 m. Des analyses des données mesurées à Caen et au port de Ouistreham ont permis d'évaluer la différence de niveau due à l'écoulement de l'Orne dans son lit en tenant compte de sa contrainte aval.

Le simple report de ces élévations par rapport aux données mesurées par le SHOM permet de projeter les éventuelles cotes maximales atteintes selon différentes classes de marées. Ainsi les très fortes marées qui se produisent environ 2% du temps dans l'année se produiront près de 57 % du temps.

Dès lors si l'on considère que les aménagements à l'embouchure de l'Orne et du canal restent identiques à la situation actuelle, la projection de la rehausse du niveau marin à Caen met en évidence des zones situées sous ces niveaux références qui pourraient être inondées plusieurs fois par an.

L'approche simplifiée mise en œuvre ne tient pas compte de la dynamique des écoulements qu'une modélisation complète de la vallée de l'Orne pourrait produire. Cependant elle est un bon moyen de mettre en lumière les zones sensibles du secteur.