

EXPLOITATION D'UN MODELE HYDROSEDIMENTAIRE 3D DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE

CARACTERISATION DE L'IMPACT HYDROSEDIMENTAIRE DE LA
CHATIERE

RAPPORT D'ETUDE

ARTELIA Eau & Environnement

6 rue de Lorraine
38130 - Echirolles
Tel. : +33 (0) 4 76 33 40 00
Fax : +33 (0) 4 76 33 43 33



Exploitation d'un modèle hydrosédimentaire 3D de l'estuaire de la Seine

Caractérisation de l'impact hydrosédimentaire de la Chatière

RAPPORT D'ETUDE

N° 8 71 6132 R2 - Exploitation d'un modèle hydrosédimentaire 3D de l'estuaire de la Seine – Rapport d'étude					
Version	Description	Rédaction	Vérfifié	Approuvé	Date
V3	Modifications suite commentaires GPMH du 12/11/2020	CCL	RWR		24/11/2020
V2	Modifications suite commentaires GPMH	CCL	RWR		08/06/2020
V1	Première émission intermédiaire	CCL - RWR	CCL - RWR		05/03/2020

SOMMAIRE

OBJET DE L'ETUDE	I
SYNTHESE ET CONCLUSION	II
1. MISE A JOUR DU MODELE HYDRO-SEDIMENTAIRE DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE	1
1.1. INTRODUCTION	1
1.2. MISE A JOUR DU MAILLAGE DU MODELE	2
1.3. MISE A JOUR DES FONDS	2
1.3.1. ETAT INITIAL DE LA SITUATION TENDANCIELLE	2
1.3.2. ETAT INITIAL DE LA SITUATION PROJET	4
1.4. NATURE DU SUBSTRAT MARIN	5
1.5. FORÇAGES ET CONDITIONS LIMITES	8
1.5.1. FORÇAGES HYDRODYNAMIQUES	8
1.5.2. FORÇAGES DE DRAGAGES D'ENTRETIEN DES PORTS DU HAVRE ET DE ROUEN	9
1.5.3. FORÇAGES DES IMMERSIONS	9
2. IMPACT DU PROJET DE LA CHATIERE SUR LES EVOLUTIONS MORPHODYNAMIQUES	11
2.1. CARTOGRAPHIE DES FONDS ET DES EVOLUTIONS	11
2.1.1. CALCUL DE LA SITUATION TENDANCIELLE	12
2.1.2. CALCUL DE LA SITUATION PROJET	13
2.2. EVOLUTIONS DETAILLEES DES VOLUMES DE CUBATURES	17
2.2.1. CUBATURE GLOBALE	17
2.2.2. CUBATURES DETAILLEES	18
2.3. DRAGAGES D'ENTRETIEN DES GRANDS PORTS	20
2.3.1. GPMH	20
2.3.2. GPMR	21
2.3.3. COMPARAISON AVEC LES CALCULS PRECEDENTS	22
3. IMPACT DU PROJET DE LA CHATIERE SUR L'HYDRODYNAMISME	23
3.1. METHODOLOGIE	23
3.2. ENVELOPPE DE L'IMPACT DU PROJET CHATIERE SUR LES COURANTS	23
3.3. FONCTIONNEMENT HYDRODYNAMIQUE DE L'AMENAGEMENT CHATIERE	25

BIBLIOGRAPHIE	31
ANNEXE 1 CUBATURES ET CHAMPS DE COURANT	32
ANNEXE 2 COMPARAISON DES COURANTS AUX ALENTOURS DE LA CHATIERE	33
1. COMPARAISON DES COURANTS AUX ALENTOURS DE LA CHATIERE	34
1.1. DANS LES CHENAUX	34
1.2. AUX ALENTOURS DU PROJET SUR LES ZONES PEU PROFONDES	37

TABLEAUX

Aucune entrée de table d'illustration n'a été trouvée.

FIGURES

Figure 1. Localisation du site d'étude	I
Figure 2. Evolution des fonds sur les 7 ans de calculs – Situation tendancielle	III
Figure 3. Evolution des fonds sur les 7 ans de calculs – Situation projet	III
Figure 4. Différence des évolutions sur 7 ans de la situation projet et la situation tendancielle	III
Figure 5. Impact de la Chatière sur les courants de flot (marée coef 101)	V
Figure 6. Impact de la Chatière sur les courants de jusant (marée coef 101)	V
Figure 7. Vue du maillage autour de la zone projet	2
Figure 8. Données bathymétriques utilisées pour l'état initial du modèle tendanciel	3
Figure 9. Vue d'ensemble des fonds – Etat initial du calcul tendanciel	3
Figure 10. Vue des fonds autour de la zone d'étude – Etat initial du calcul tendanciel	4
Figure 11. Vue des fonds autour de la zone projet – Etat initial du calcul projet	5
Figure 12. Epaisseur totale de sédiment mobilisable (en mètres)	6
Figure 13. Pourcentage de vases sur l'épaisseur totale de sédiment	6
Figure 14. Pourcentage de sablons sur l'épaisseur totale de sédiment	7
Figure 15. Pourcentage de sables fins sur l'épaisseur totale de sédiment	7
Figure 16. Pourcentage de sables grossiers sur l'épaisseur totale de sédiment	8
Figure 17. Débits liquides et solides de la Seine pour la période	9
Figure 18. Toponymie des zones de l'estuaire	11
Figure 19. Carte des fonds pour la situation tendancielle (AN0 en haut et AN 7 en bas)	12
Figure 20. Evolution des fonds sur les 7 ans de calculs – Situation tendancielle	12
Figure 21. Zoom évolution des fonds sur les 7 ans de calculs – Situation tendancielle	13
Figure 22. Carte des fonds pour la situation projet (AN0 en haut et AN 7 en bas)	14
Figure 23. Evolution des fonds sur les 7 ans de calculs – Situation projet	14

Figure 24. Evolution des fonds sur les 7 ans de calculs – Situation projet - Zoom.....	15
Figure 25. Différence des évolutions sur 7 ans de la situation projet et la situation tendancielle	16
Figure 26. Différence des évolutions sur 7 ans de la situation projet et la situation tendancielle	16
Figure 27. Cubature volumétrique globale de l'estuaire	18
Figure 28. Evolution cubature détaillée – emprise des boites.....	18
Figure 31. Evolution cubature détaillée – Kannik	19
Figure 32. Evolution cubature détaillée – Amfard	19
Figure 33. Evolution cubature détaillée – Fosse nord Sud Port2000.....	20
Figure 34. Evolution cubature détaillée – Zone Sud	20
Figure 35. Evolution des masses draguées pour le GPMH	21
Figure 36. Evolution des masses draguées pour le GPMR	22
Figure 37. Surface libre pendant le cycle de marée de 15 jours	23
Figure 38. Impact de la Chatière sur les courants de flot (marée coef 101)	24
Figure 39. Impact de la Chatière sur les courants de jusant (marée coef 101)	25
Figure 40. Champs de courant – Coef.101 – pic de flot 1.....	26
Figure 41. Champs de courant – Coef.101 – fin de pic de flot 2.....	26
Figure 42. Champs de courant – Coef.101 – pic de jusant.....	26
Figure 43. Synthèse du fonctionnement du chenal de la Chatière	27
Figure 44. Points de sonde dans l'aménagement et les chenaux d'accès portuaire	28
Figure 45. Vitesses dans le chenal – Point 1b – 15 jours	28
Figure 46. Vitesses dans le chenal – Point 1b – Marée coef 86	29
Figure 47. Vitesses dans le chenal – Point 3b – Marée coef 86	30
Figure 48. Comparaison des vitesses – Point B – Marée coef 86	35
Figure 49. Comparaison des vitesses – Point B (entrée P2000) – Marée coef 86	36
Figure 50. Comparaison des vitesses – Point F (P2000) – Marée coef 86.....	36
Figure 51. Position des points de sondes pour les petits fonds	37
Figure 52. Vitesses et directions au point de sonde N°5.....	38
Figure 53. Vitesses et directions au point de sonde N°6.....	39
Figure 54. Vitesses et directions au point de sonde N°8.....	39

OBJET DE L'ETUDE

Dans le cadre du projet d'amélioration de l'accès fluvial à Port 2000, HAROPA Port du Havre souhaite développer un projet de « chatière » visant à améliorer l'accessibilité nautique du site. Il consiste en :

- la création d'ouvertures dans la digue Sud du port historique et dans la digue Nord de Port 2000,
- la construction d'une nouvelle digue de protection à l'Ouest de Port 2000 et d'un chenal de gabarit fluvial, permettant de créer un plan d'eau abrité pour la navigation des bateaux fluviaux.

Une première modélisation de l'impact hydrosédimentaire du projet sur l'estuaire a été réalisée en 2017 par ARTELIA. Les résultats ont été inclus dans le dossier de concertation préalable et ont fait l'objet d'une série de remarques de la part de l'Agence française de la biodiversité.

Le Port souhaite mettre à jour et affiner les études avec de nouveaux calculs qui font l'objet de la présente étude.



Figure 1. Localisation du site d'étude

La présente étude confiée à ARTELIA (marché du 04/11/2019), inclut les prestations techniques suivantes :

- TACHE 1 : Mise à jour du modèle hydro-sédimentaire
- TACHE 2 : Estimation de l'impact du projet de la chatière à travers la réalisation de 2 simulations sur une durée de 7 années (calcul du modèle tendanciel et calcul du modèle projet chatière)

Le présent rapport rappelle l'ensemble des hypothèses de calcul et présente les résultats des différents calculs.

oOo

SYNTHESE ET CONCLUSION

MISE A JOUR DU MODELE 3D

Le modèle global 3D de l'estuaire de la Seine construit et exploité par ARTELIA entre 2012 et 2018 dans le cadre des études de réhabilitation des vasières de l'estuaire de la Seine, a été mis à jour et utilisé dans le cadre du projet de Chatière du GPMH.

Ce modèle hydrosédimentaire a été calé et validé afin de reproduire correctement les mouvements sableux et vaseux en termes de quantités et emprises des dépôts / érosions sur 10 ans : 2005-2015 (voir rapports R2 et NA13 [1]).

La mise à jour du modèle pour la présente étude a consisté à prendre en compte la géométrie du projet Chatière (intégration des nouveaux ouvrages et ouvrages modifiés et des nouvelles cotes des fonds) pour modéliser une situation intégrant le projet Chatière.

L'étude des impacts du projet Chatière est réalisée à partir de la comparaison des résultats de deux calculs distincts :

- Un premier calcul (V85) de la situation tendancielle, dont l'état initial correspond à une situation proche de la situation 2019 et incluant la phase 3 de Port 2000 ;
- Un second calcul projet (V86), correspondant à la même situation (que situation tendancielle) incluant en plus, le projet Chatière.

Ces deux calculs ont une durée de 7 ans et représentent les années fin 2018 à 2025 en termes d'évolution morphologique : l'état initial des calculs intègre des données de fonds bathymétriques proches de 2018/2019 et les projections de clapages des deux grands ports (sur les sites d'Octeville et de Machu) sur cette même période.

Les forçages hydrodynamiques utilisés pour les 7 ans de calculs (marée astronomique, niveau moyen, houle, vent et débit) sont identiques pour les 2 calculs et correspondent à la chronique disponible sur la période allant d'août 2005 à octobre 2012.

RESULTATS DES CALCULS

Les résultats des 2 calculs sont analysés séparément et permettent de décrire les **prévisions** des grandes évolutions morphologiques de l'estuaire pour les 7 années à venir.

Des cartes de courants ont également été réalisées dans la zone portuaire du GPMH afin de vérifier que le modèle 3D reproduit correctement certaines observations spécifiques correspondant à la situation actuelle (exemple : un courant traversier dans le chenal d'accès à Port 2000).

Les résultats des 2 calculs sont ensuite comparés entre eux et c'est bien cette comparaison qui permet de répondre à l'objectif de l'étude : quels sont les impacts morphologiques du projet Chatière sur l'estuaire de la Seine ?

INTERPRETATION DES IMPACTS

Les impacts du projet Chatière sur la morphologie de l'estuaire et des vasières sont étudiés par comparaison des 2 calculs (calcul de référence et calcul projet).

Dans un premier temps, les évolutions des fonds de l'estuaire sur les 7 années de calculs sont comparées. Il s'agit de comparer la carte d'évolution des fonds de l'estuaire issu du calcul de référence avec la carte d'évolution des fonds issu du calcul de projet. Les **Figure 2** et **Figure 3** présentent respectivement les évolutions des fonds calculées par le modèle pour la situation de référence et la situation de projet.

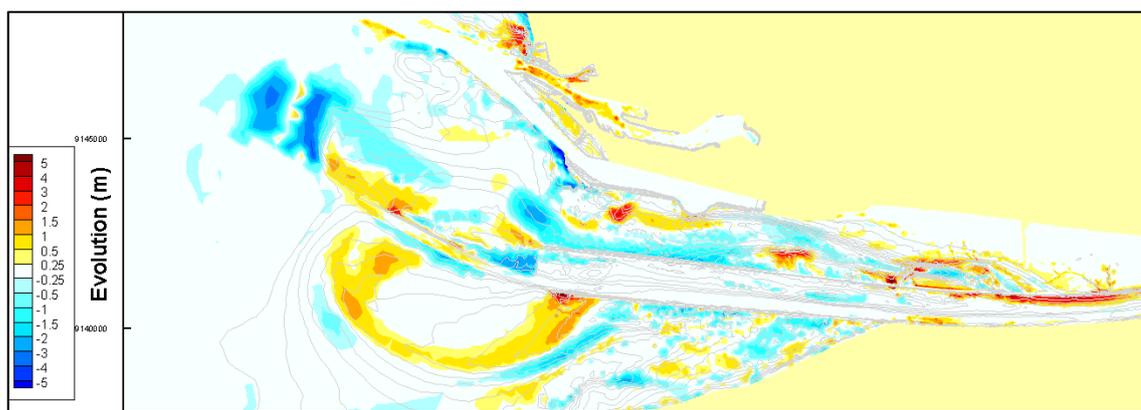


Figure 2. Evolution des fonds sur les 7 ans de calculs – Situation tendancielle

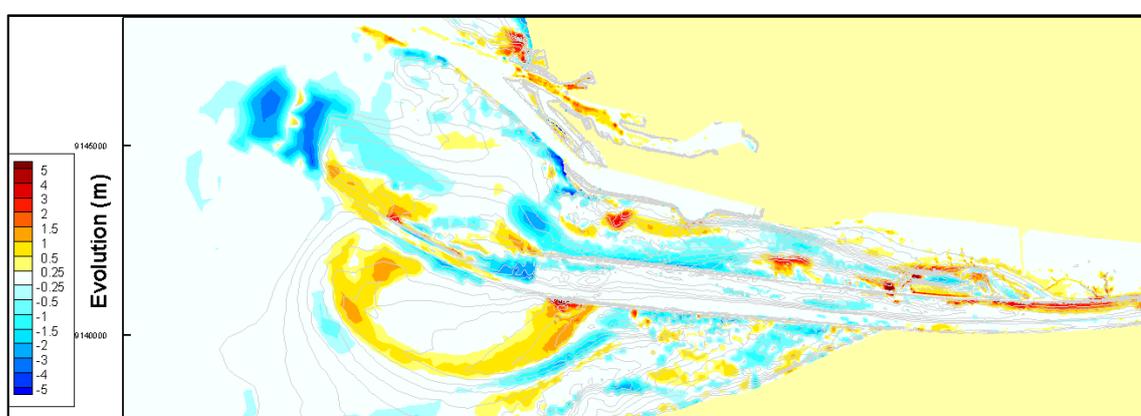


Figure 3. Evolution des fonds sur les 7 ans de calculs – Situation projet

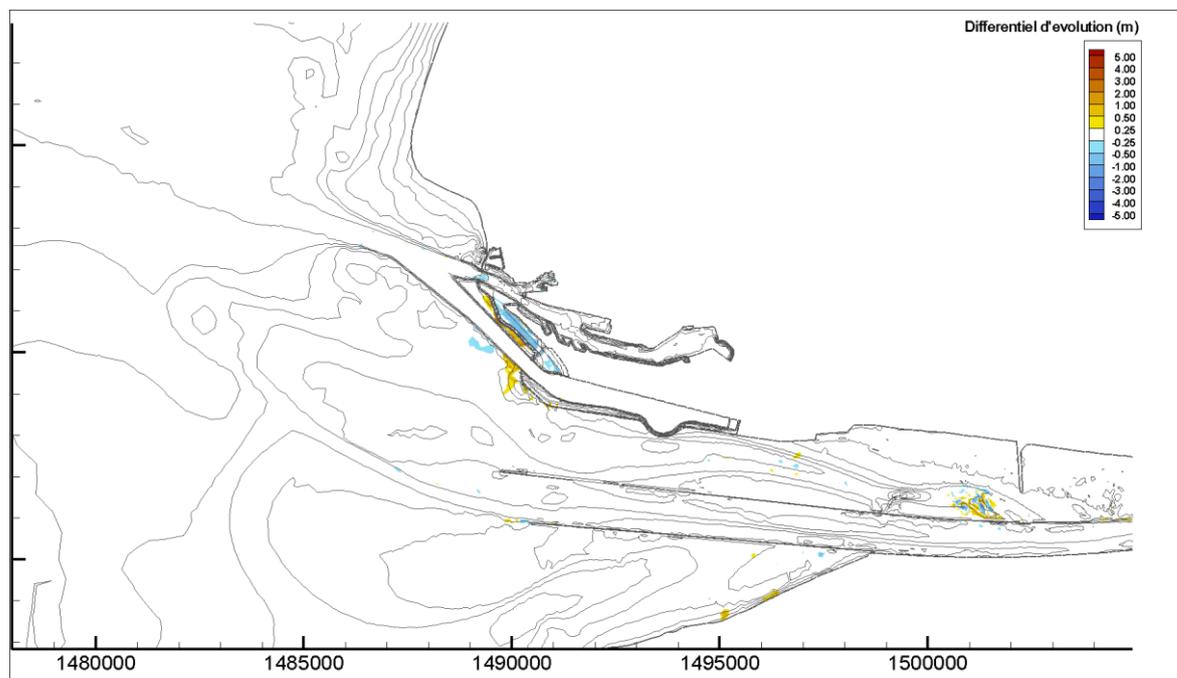


Figure 4. Différence des évolutions sur 7 ans de la situation projet et la situation tendancielle

La **Figure 4** correspond à une carte différentielle des deux cartes précédentes (comparaison des cartes d'évolution) : des tons rouges signifient que le projet chatière entraînent plus de dépôts ou moins d'érosion et des tons bleus signifient que le projet chatière entraîne plus d'érosion ou moins de dépôts. Des modifications significatives de l'évolution des fonds sont observées autour de la zone projet et à l'entrée de Port2000 ; les autres différences à des échelles plus large restent très ponctuelles et principalement dues aux précisions de calcul qui peuvent aboutir au bout de 7 ans de calcul à des dérives locales non significatives.

Cette absence d'impact sur les évolutions morphologiques dans l'estuaire est confirmée par les calculs de cubatures réalisées pour chaque zone de l'estuaire, en dehors de la zone portuaire. Les volumes de dépôts et érosions calculés sur 7 ans sont identiques pour la situation tendancielle (sans aménagement) et la situation projet Chatière, en dehors de la zone portuaire.

Il ressort une absence d'impact du projet Chatière en dehors de la zone du projet sur la morphodynamique de l'estuaire et donc sur les évolutions des fonds dans l'estuaire.

Dans un second temps, les impacts sur les courants sont estimés. Il s'agit notamment d'estimer comment les courants sont modifiés (en termes de vitesses et / ou de direction) par l'ouverture du chenal de la Chatière. Il ressort les points suivants :

- L'impact de l'aménagement sur l'hydrodynamique est localisé autour de la zone projet. Les **Figure 5** et **Figure 6** présentent les comparaisons de la vitesse maximum des courants pendant le flot et le jusant pour une marée de coefficient 101 entre le calcul tendanciel et le calcul projet Chatière : en cohérence avec les évolutions des fonds, un impact est observé autour de la zone projet et à l'entrée de Port 2000 mais les autres différences observées restent très ponctuelles et principalement dues aux précisions de calcul qui peuvent aboutir au bout de 7 ans de calcul à des dérives locales non significatives.
- La création du chenal de la Chatière entraîne le fonctionnement hydrodynamique suivant : pendant la phase de flot dans l'estuaire, on observe 2 pics de vitesses dans le chenal de la Chatière : un pic avec une direction en cohérence avec le flot « général » et un second pic avec une direction inversée. Pendant la phase de jusant, on observe un pic de vitesse avec une direction inversée avec le jusant « général ».

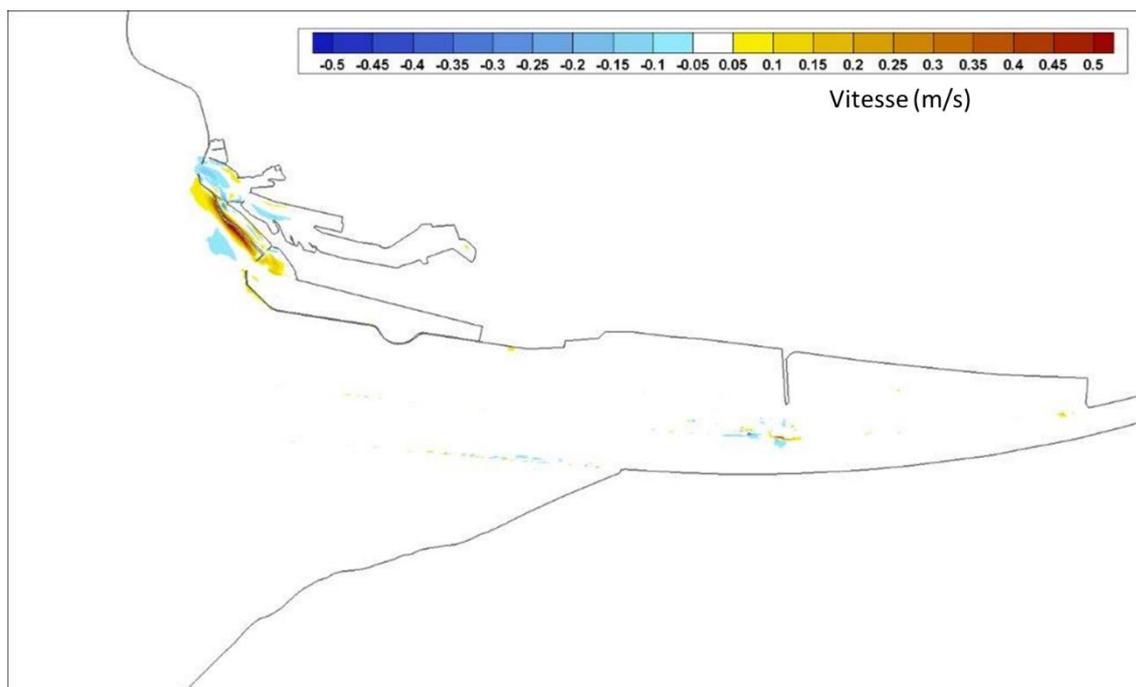


Figure 5. Impact de la Chatière sur les courants de flot (marée coef 101)

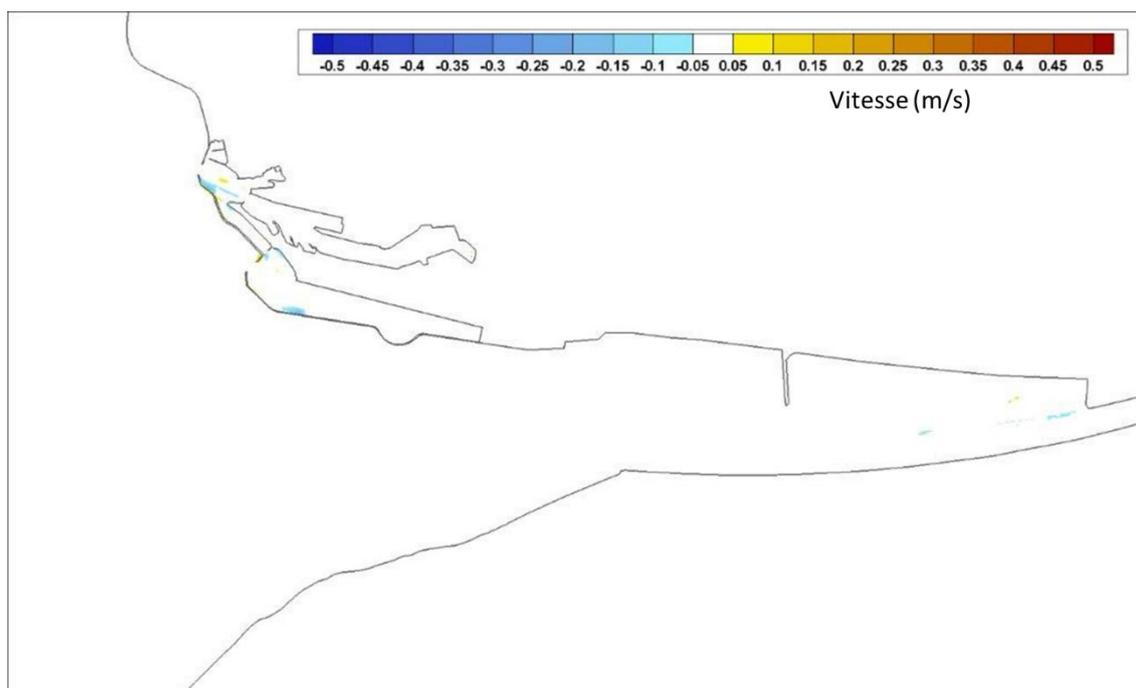


Figure 6. Impact de la Chatière sur les courants de jusant (marée coef 101)

oOo

1. MISE A JOUR DU MODELE HYDRO-SEDIMENTAIRE DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE

1.1. INTRODUCTION

Une modélisation hydrosédimentaire 3D a été mise en œuvre dans le cadre dans l'étude de réhabilitation des vasières de l'estuaire de la Seine (réalisée entre 2012 et 2018, réf. [1]). Le système de modélisation TELEMAC aux éléments finis, développé par le Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement d'EDF-DRD (Direction Recherche et Développement) a été utilisé.

Ses principales caractéristiques sont données ci-après :

- Le modèle général de la Seine a été construit sur une emprise qui s'étend du barrage de Poses en limite amont jusqu'au domaine maritime en aval, qui prend en compte l'ensemble de la baie de Seine, ainsi qu'une partie de la Manche. La précision du modèle en termes de taille de maille horizontale varie de 100 m (pour la fosse Nord et la vasière associée) à 5 km (pour la frontière maritime au large).
- Le modèle 3D de l'estuaire inclut 5 modules :
 - un module hydrodynamique (niveaux d'eau, courants, salinité) forcé par les niveaux moyens et de marée au large, le vent soufflant sur l'ensemble de la baie de seine et le débit fluvial,
 - un module de propagation de l'agitation (mers de vent et houles résiduelles) forcé par des conditions limites sur la frontière Manche,
 - un module d'évolution des dépôts sédimentaires, constituée d'une série de 14 couches dont 12 couches actives permettant de simuler le tassement et la consolidation des dépôts,
 - un module de transport des vases incluant les opérations de dragages d'entretien portuaires et les immersions associées;
 - un module morphodynamique multi-classes (3 sables, 1 vase) capable de calculer le transport des sédiments par charriage et en suspension et de calculer les évolutions de fonds qui en résultent.
- Le modèle hydro-sédimentaire a été calé et validé afin de reproduire correctement les mouvements sableux et vaseux en termes de quantités et emprises des dépôts / érosions sur 10 ans : 2005-2015 (voir rapports R2 et NA13 [1])

Ce modèle global de l'estuaire de la Seine a été mis à jour afin d'être utilisé pour la présente étude.

Deux calculs d'une durée de 7 ans sont réalisés :

- Un premier calcul (V85) de la situation tendancielle, dont l'état initial correspond à une situation proche de la situation 2019 et incluant la phase 3 de Port 2000 ;
- Un second calcul projet (V86), correspondant à la même situation (que situation tendancielle) incluant en plus, le projet Chatière.

1.2. MISE A JOUR DU MAILLAGE DU MODELE

Le maillage du modèle a été mis à jour afin de tenir compte du projet de la chatière et de la phase 3 de Port 2000. La [Figure 7](#) illustre le maillage du modèle sur le site d'étude.

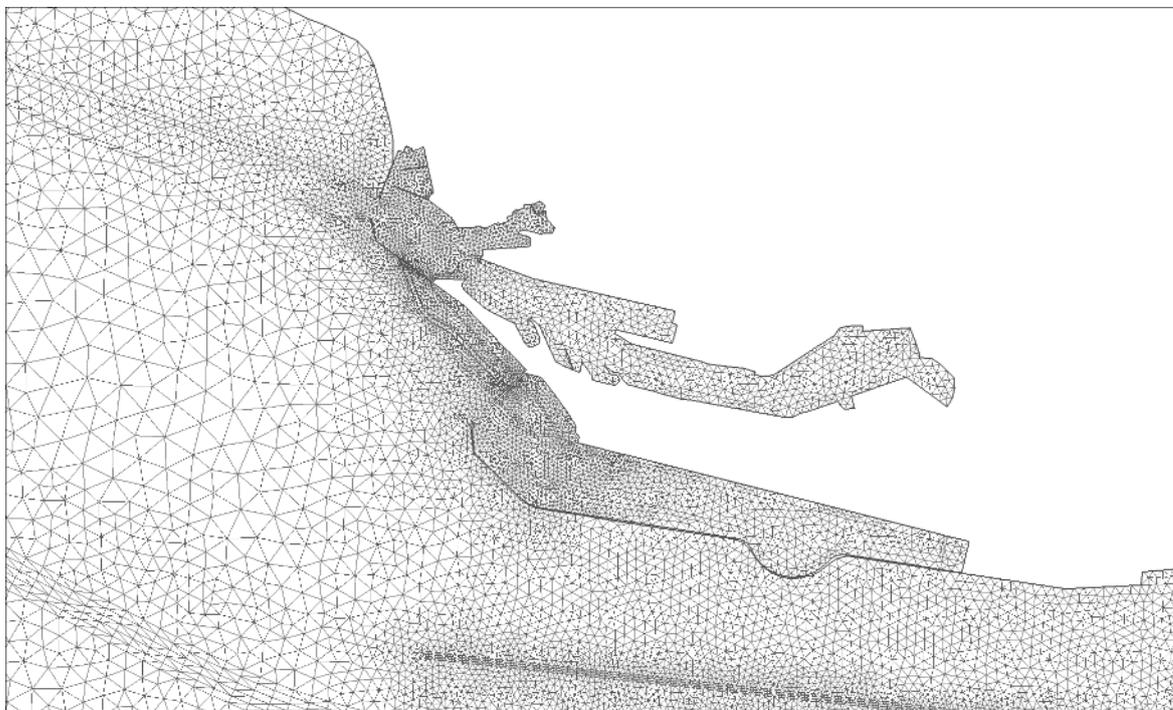


Figure 7. Vue du maillage autour de la zone projet

1.3. MISE A JOUR DES FONDS

1.3.1. Etat initial de la situation tendancielle

La bathymétrie incluse dans le modèle global de l'estuaire de la Seine a été mis à jour pour obtenir une situation proche de la situation actuelle et inclure le projet de phase 3 de Port 2000.

Les données bathymétriques suivantes ont été considérées :

- Le levé SHOM pour la baie de Seine (lots bathymétrique collectés entre 1970 et 1990)
- Le levé aéro-laser de juillet 2018 (pour la vasière Nord)
- Le levé dit RH 2019 (mosaïque des derniers levés disponibles dans l'estuaire de la Seine à fin 2018), intégrant les bathymétries de Machu et sa zone d'influence
- La bathymétrie du site d'Octeville et de sa zone d'influence au plus près de fin 2018
- Un levé bathymétrique interne au port du Havre de l'intérieur des bassins (2007)
- La géométrie de projet de la phase 3 de Port 2000 (en réalisation au GPMH entre 2021 et 2020).

La [Figure 8](#) illustre l'emprise des données bathymétriques qui composent la bathymétrie initiale de la situation tendancielle.

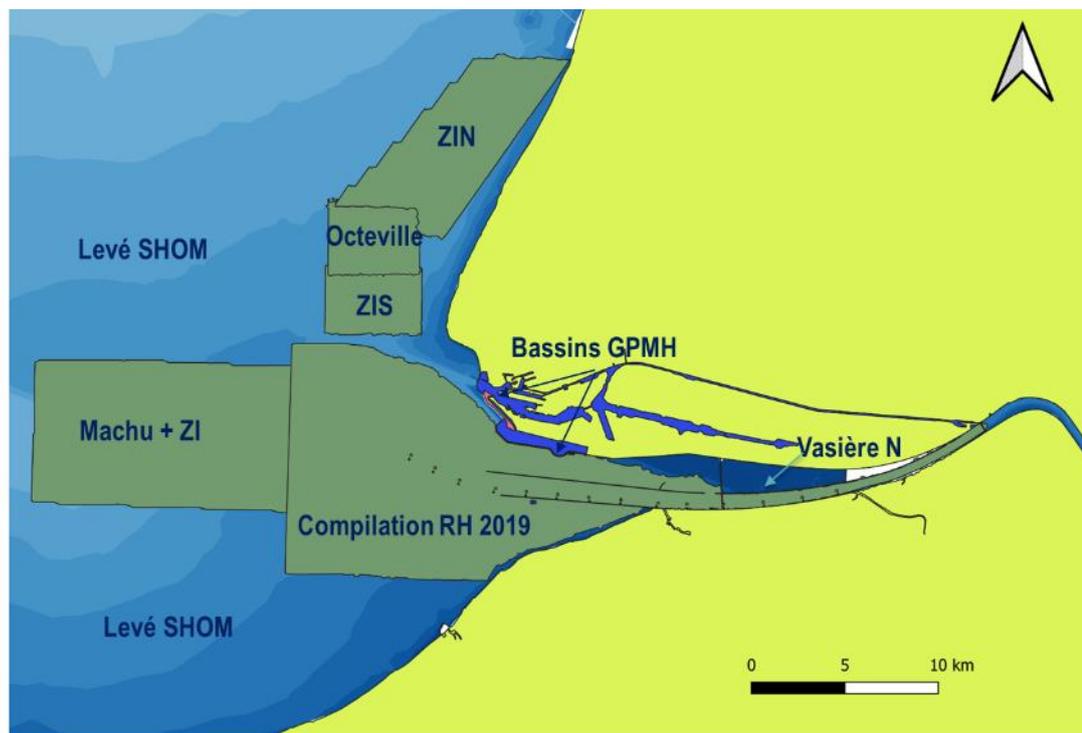


Figure 8. Données bathymétriques utilisées pour l'état initial du modèle tendanciel

La Figure 9 suivante présente la vue d'ensemble des fonds pour l'état initial du calcul tendanciel, et la Figure 10 présente un zoom centré autour de la zone de projet.

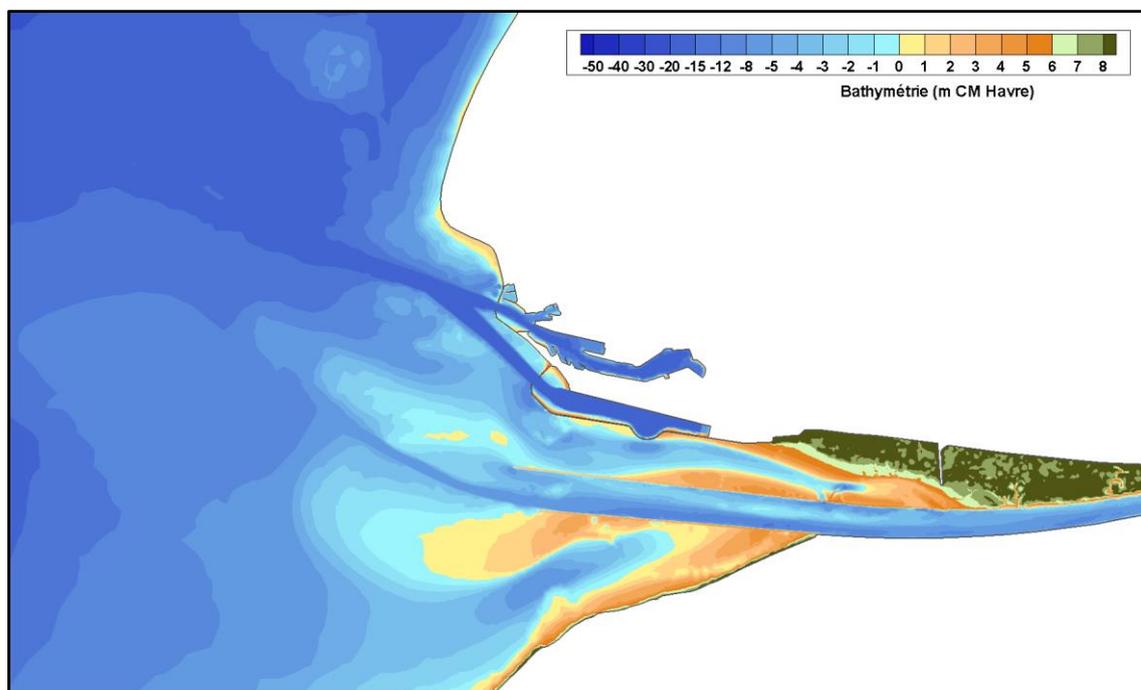


Figure 9. Vue d'ensemble des fonds – Etat initial du calcul tendanciel

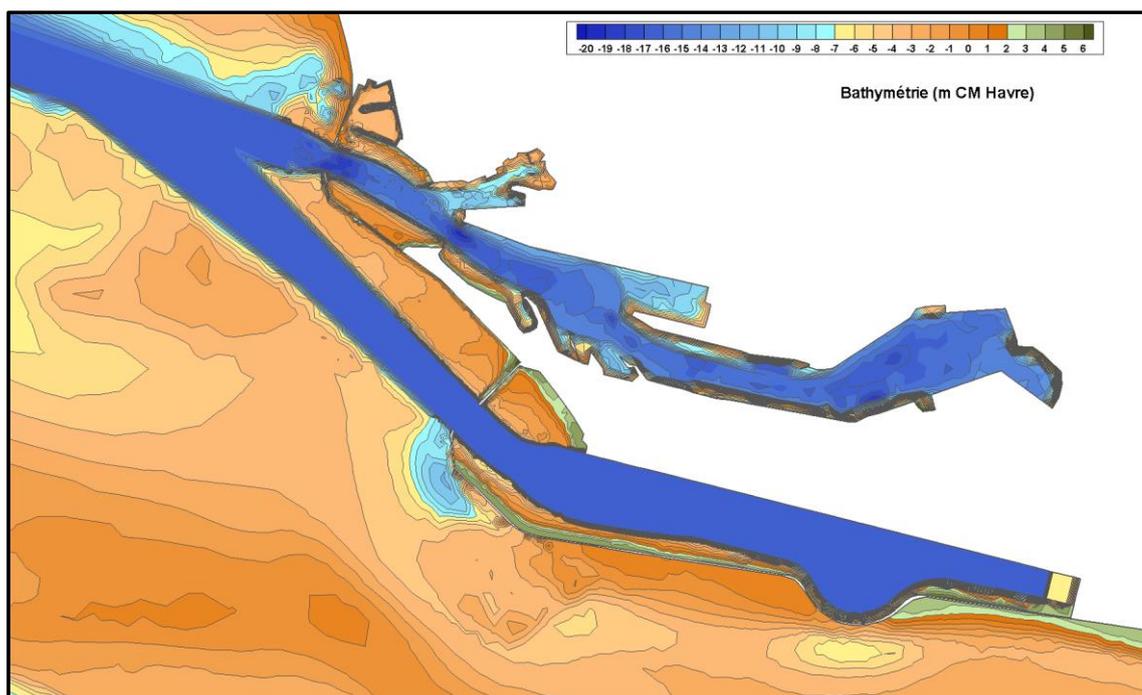


Figure 10. *Vue des fonds autour de la zone d'étude – Etat initial du calcul tendanciel*

1.3.2. Etat initial de la situation projet

Les fonds marins utilisés pour l'état initial de la situation tendancielle ont été utilisés et ont été modifiés pour inclure les éléments suivants :

- Aménagements des digues de la Chatière
- Dragage du chenal de la Chatière à la côte -5m CM

La **Figure 11** suivante illustre la vue des fonds utilisés pour l'état initial du calcul projet, centrée autour de la zone projet.

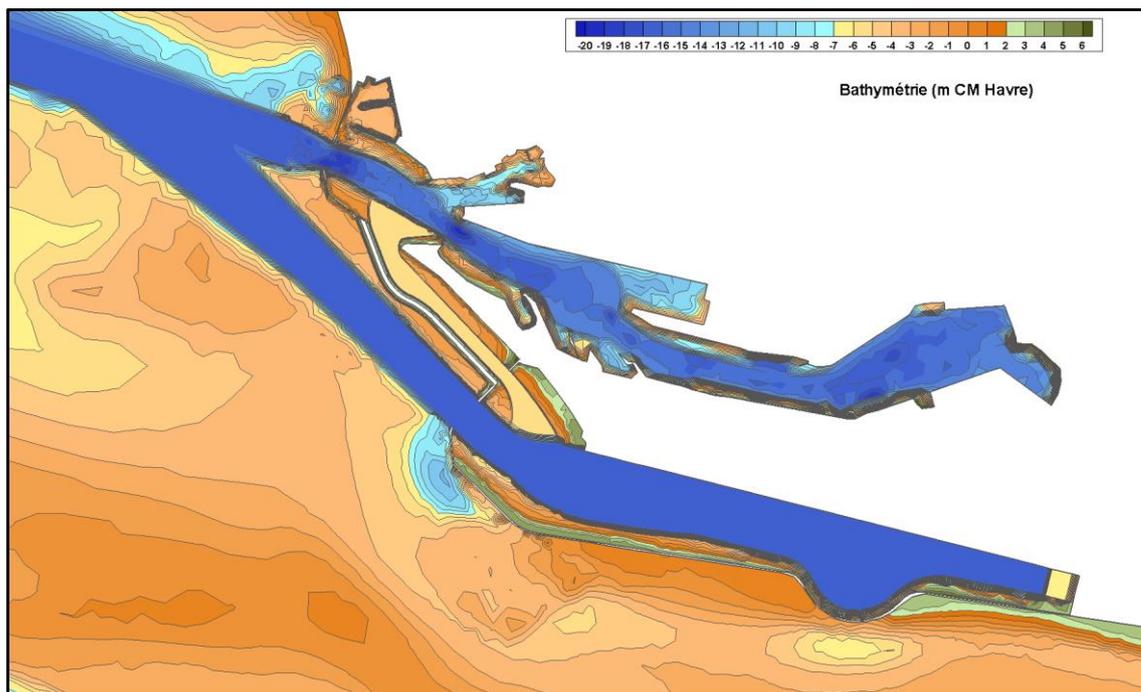


Figure 11. Vue des fonds autour de la zone projet – Etat initial du calcul projet

1.4. NATURE DU SUBSTRAT MARIN

Quatre catégories de sédiments sont considérées dans la présente modélisation : une classe de vase et 3 classes de sables. Ces quatre classes de sédiments peuvent donc être mobilisé par les forces hydrodynamiques (si l'hydrodynamique est suffisante selon les paramètres de chaque sédiment et si le sédiment est présent au point de calcul), transportés et déposés.

Le remplissage sédimentaire de cette bathymétrie est initialisé avec une composition sédimentaire du sol issue d'une modélisation disponible et validée de l'état actuel (calcul V82 sur la période 2013-2015 [1]). Cependant sur la partie du projet d'aménagement, la différence de raffinement entre le modèle V82 et ce nouveau modèle nous a amené à réétudier les 16 carottages disponibles sur la zone afin d'être plus réaliste (3 carottages réalisés en été 2010 et 15 carottages réalisés à l'été 2016 par FUGRO pour le compte du GPMH).

Les localisations de ces nouvelles données sont représentées par des ronds noirs sur les figures suivantes. Ces cartes indiquent l'épaisseur totale de sédiment représentée par les trois classes de sable et la vase puis le pourcentage de chaque classe sur la totalité de l'épaisseur. Certaines disparités sur les pourcentages peuvent être dues au fait que l'épaisseur de sédiment est nulle ou quasi-nulle en certains points. Une épaisseur nulle de sédiment veut dire que le sédiment en place est plus grossier que le plus gros des sables transportés par le modèle : il ne sera donc pas mobilisé car considéré comme non-érodable.

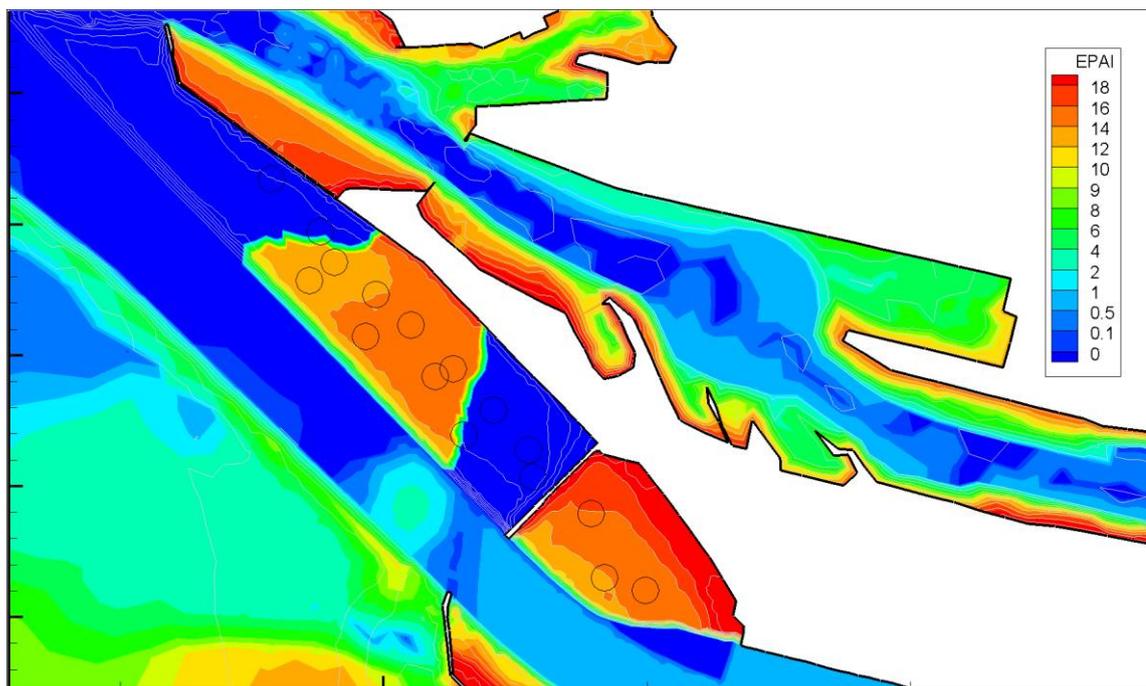


Figure 12. Epaisseur totale de sédiment mobilisable (en mètres)

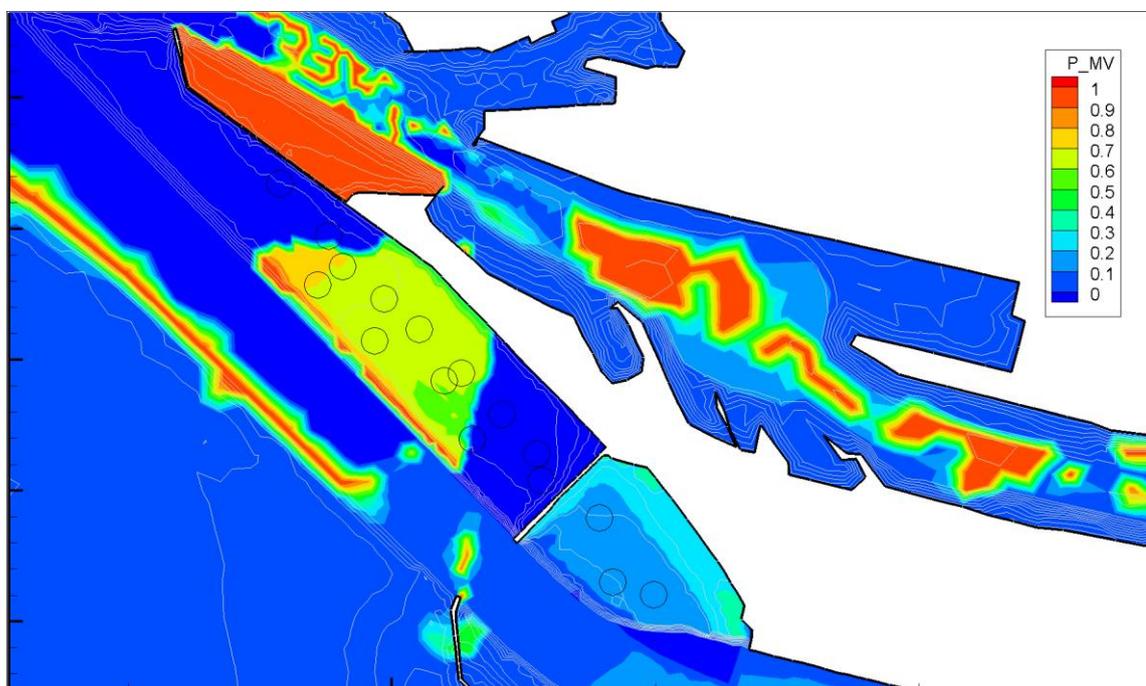


Figure 13. Pourcentage de vases sur l'épaisseur totale de sédiment

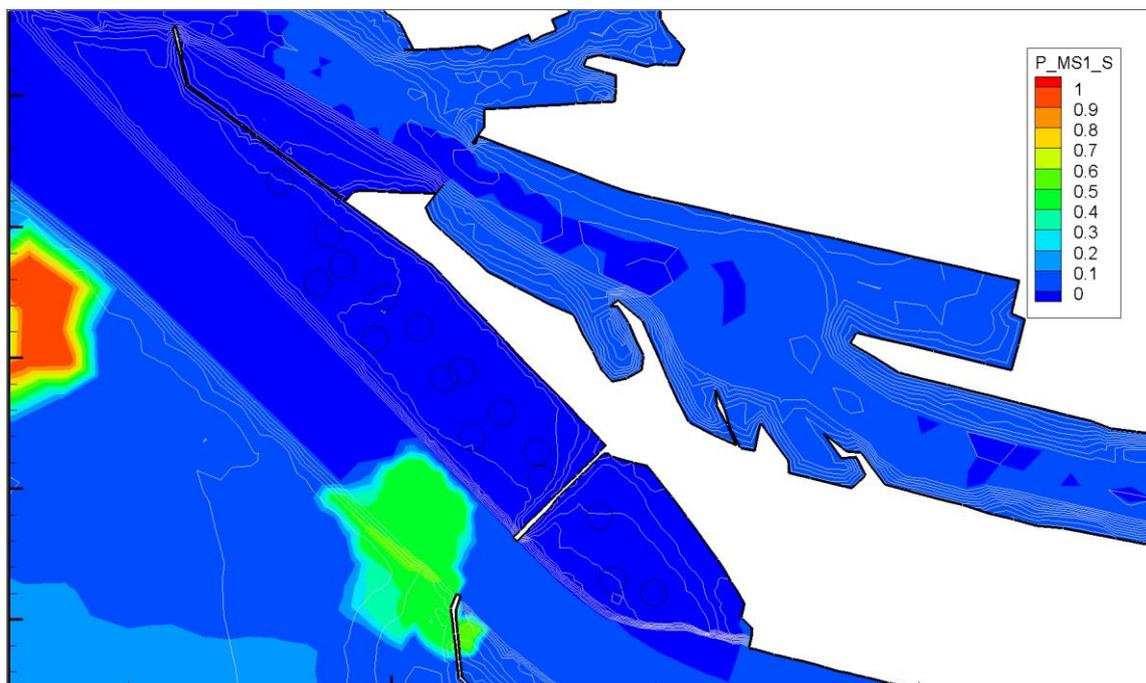


Figure 14. Pourcentage de sablons sur l'épaisseur totale de sédiment

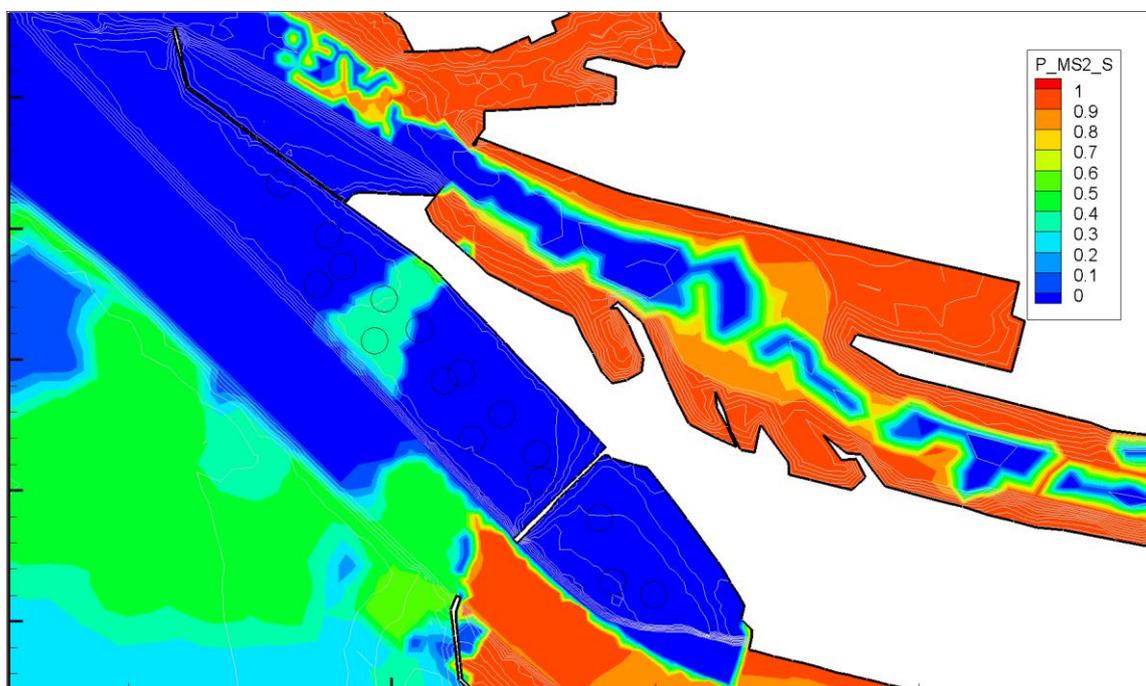


Figure 15. Pourcentage de sables fins sur l'épaisseur totale de sédiment

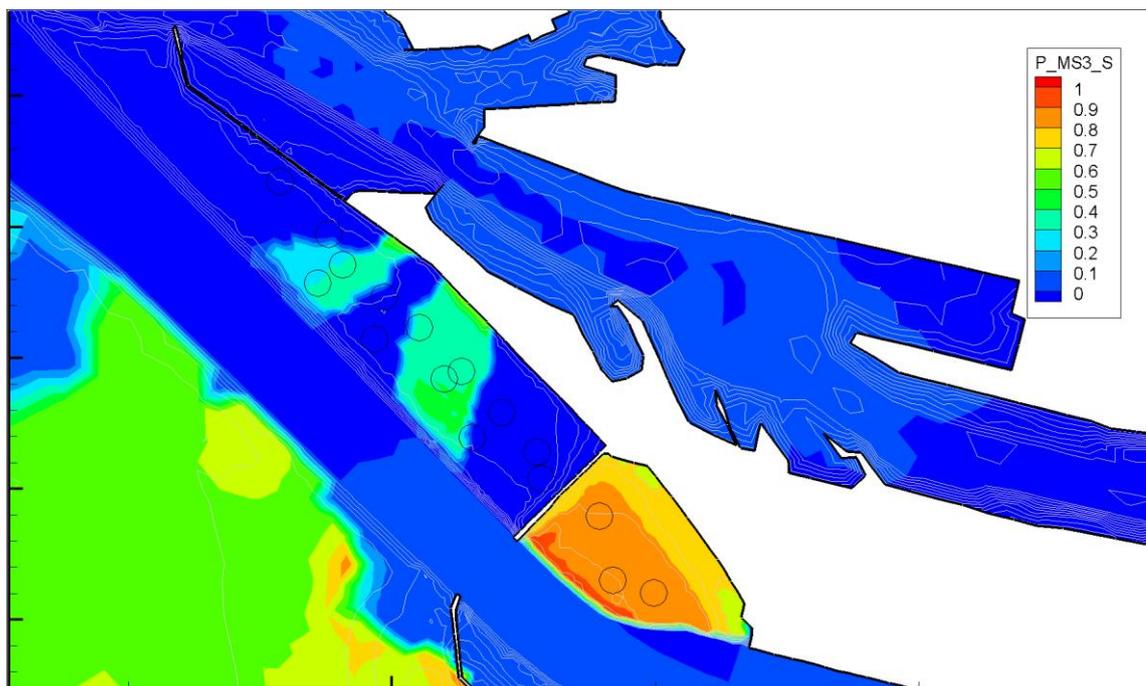


Figure 16. Pourcentage de sables grossiers sur l'épaisseur totale de sédiment

1.5. FORÇAGES ET CONDITIONS LIMITES

1.5.1. Forçages hydrodynamiques

Les études du GIP Seine Aval ont montré que le climat de la partie aval du bassin versant de la Seine est de type tempéré océanique, et à ce titre, comme la majeure partie des régions de l'Europe de l'Ouest, se trouve sous influence de l'oscillation Nord-Atlantique, ou NAO (rapport Hydroclimat de 2011). La période dominante de cette fluctuation interannuelle est de 7 années. Nous simulerons donc une période hydrologique de 7 années, afin de couvrir une durée complète de ce cycle.

Le forçage hydrodynamique de marée astronomique, niveau moyen, houle, vent et débit est issu de la chronique disponible sur la période allant d'août 2005 à octobre 2012. Il est commun aux deux calculs.

Les forçages correspondent donc à des forçages réels issus de mesures ; l'élévation du niveau moyen de la mer due au réchauffement climatique n'est pas prise en compte afin de maximiser l'impact potentiel du projet (une plus faible hauteur d'eau augmente les effets de la houle et des courants sur les fonds). A titre informatif, l'élévation du niveau moyen de la mer au Havre est estimée à 2,3 mm par an (source GPMH).

La Figure 17 présente les débits liquides et solides de la Seine pour la période de calculs.

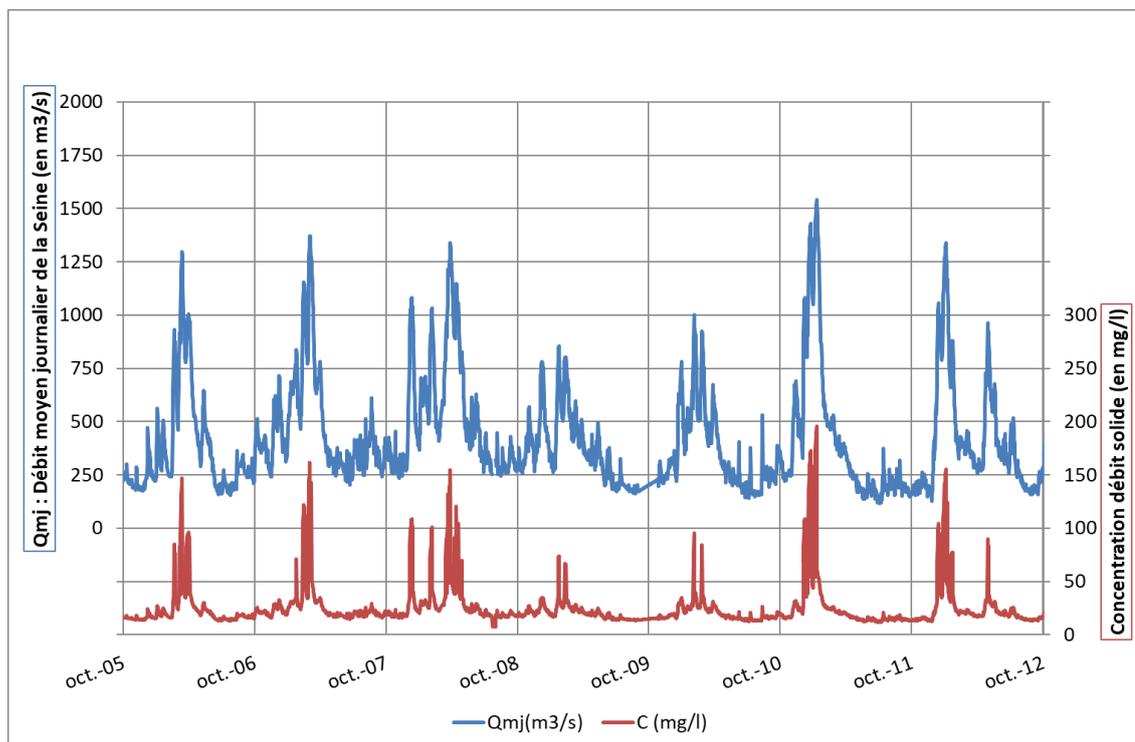


Figure 17. Débits liquides et solides de la Seine pour la période

La période d'août à septembre 2005 sert d'initialisation pour les modèles. Elle n'est donc pas prise en compte dans l'analyse des résultats.

1.5.2. Forçages de dragages d'entretien des ports du Havre et de Rouen

Plusieurs zones portuaires sont concernées par les dragages d'entretien dans le modèle : les bassins marnant du port du Havre et ses deux chenaux d'accès, et le chenal d'accès au port de Rouen en Seine. De plus, le chenal de la chatière fera également l'objet d'un entretien.

Pour ces zones, quand, au cours du calcul, les fonds dépassent une certaine cote cible au Havre, (-14.5 mCMH) pour le chenal de port ancien et (-16.0 mCMH) pour celui de port 2000, une procédure journalière ramène les fonds à cette cote cible ; les volumes correspondant à ces dragages sont stockés et constituent une donnée de résultats indicatifs. Les masses draguées chaque jour dans le chenal de navigation en Seine sont, de plus, limitées à 45 000 tonnes (donnée GPMR).

Les cotes cibles de dragage d'entretien des installations portuaires du Havre utilisées dans le modèle ont été définies lors des calculs de calage lors du développement du modèle hydrosédimentaire 3D, en concertation avec le GPMH et le GPMR.

Ces dragages correspondent à des sorties de sédiments du modèle qui sont stockés en dehors du modèle. Ce sont en effet les prévisions des ports en matière d'immersion à Machu et Octeville qui seront injectées au titre de l'immersion (voir §1.5.3).

1.5.3. Forçages des immersions

Les immersions issues des dragages d'entretien ou des travaux neufs sont introduits dans le modèle pour les 2 calculs. Il est notamment considéré :

- Des immersions sur le site de Machu des matériaux issus des dragages d'entretien du GPMR, sur toute la durée du calcul de manière représentative des clapages réels ;

- Des immersions sur le site d'Octeville des matériaux issus des dragages d'entretien du GPMH, sur toute la durée du calcul de manière représentative des clapages réels ;
- Des immersions sur le site d'Octeville des matériaux issus des travaux neufs de Port2000-phase3 ; ces immersions sont modélisées pendant la phase d'initialisation du calcul afin d'être intégrées pour l'état initial des deux calculs.
- Des immersions sur le site d'Octeville des matériaux issus des travaux neufs de Chatière (uniquement pour le calcul du modèle projet chatière) ; ces immersions sont modélisées lors de la première année de calcul. Ces immersions sont intégrées dans la modélisation uniquement pour le calcul du modèle projet chatière (et non pas dans le calcul de la situation tendancielle).

Les immersions sont effectuées une par une dans le modèle en suivant l'ordre chronologique selon les données fournies par les ports en position, date et masse de chaque sédiment (vase, sablon, sable fin, sable moyen).

2. IMPACT DU PROJET DE LA CHATIERE SUR LES EVOLUTIONS MORPHODYNAMIQUES

L'ensemble des résultats et indicateurs pour les calculs tendanciel et projet sont fournis en **Annexe A**. A l'échelle de l'estuaire, les résultats obtenus sur les deux calculs sont similaires.

2.1. CARTOGRAPHIE DES FONDS ET DES EVOLUTIONS

Dans un premier temps, les bathymétries et leurs évolutions sur les 7 ans de calcul sont analysées pour le calcul de la situation tendancielle, et comparées avec les observations faites sur site (évolutions dites « nature »).

Dans un second temps, ces mêmes bathymétries et évolutions associées sur les 7 ans de calcul sont analysées pour le calcul de la situation projet, et comparées avec celles préalablement analysées pour le calcul de la situation tendancielle. Comme les forçages hydrodynamiques des deux calculs sont identiques, les différences calculées entre les deux calculs correspondent directement à l'impact du projet Chatière.

La toponymie des zones de l'estuaire sont rappelées à la **Figure 18**.

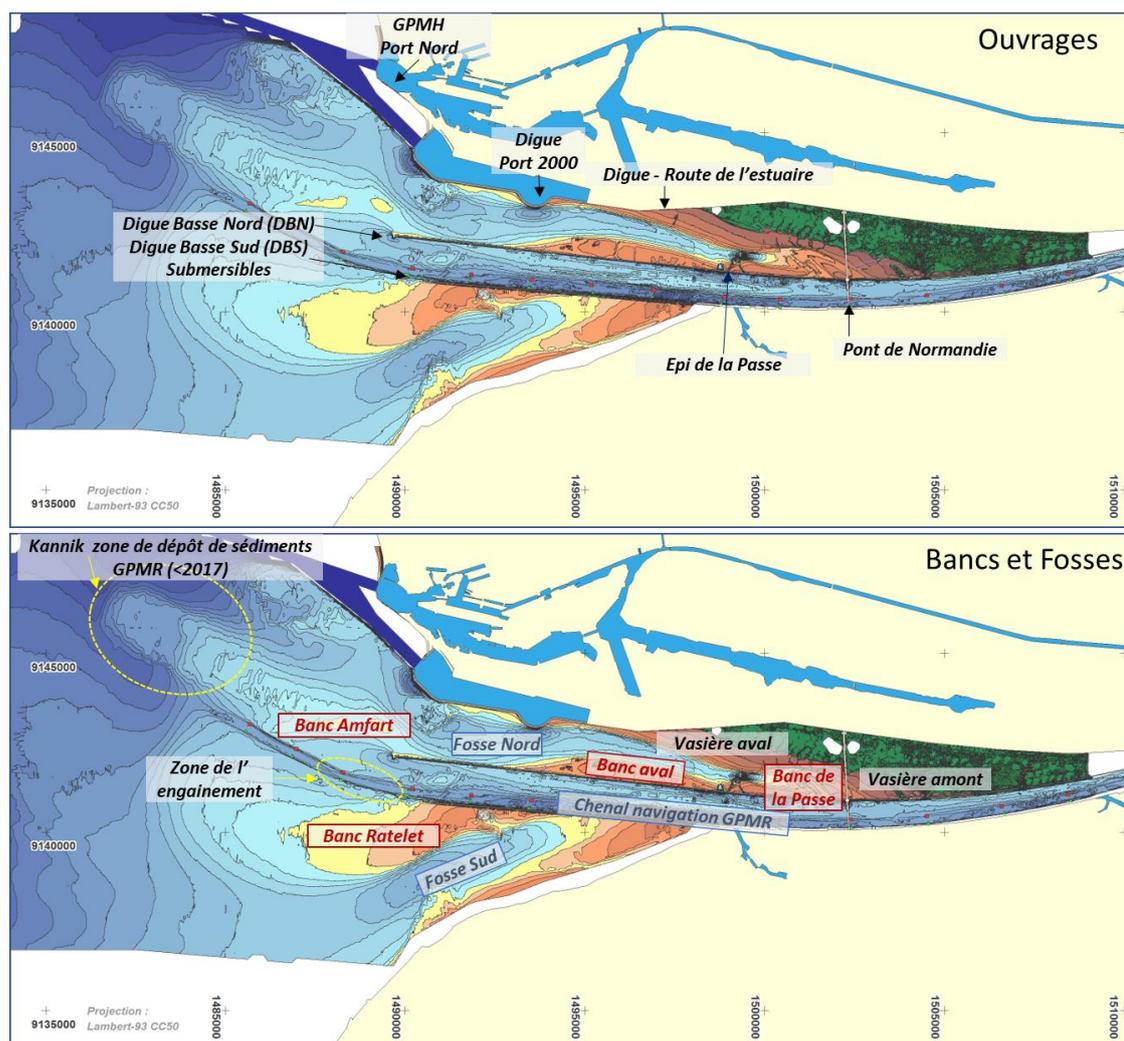


Figure 18. Toponymie des zones de l'estuaire

2.1.1. Calcul de la situation tendancielle

La **Figure 19** présente la carte des fonds bathymétriques à l'échelle de l'estuaire au début et à la fin du calcul pour la situation tendancielle. La **Figure 20** et **Figure 21** présentent la carte d'évolution des fonds associée : dans les tons rouges figurent les zones de dépôts et dans les tons bleus les zones d'érosion.

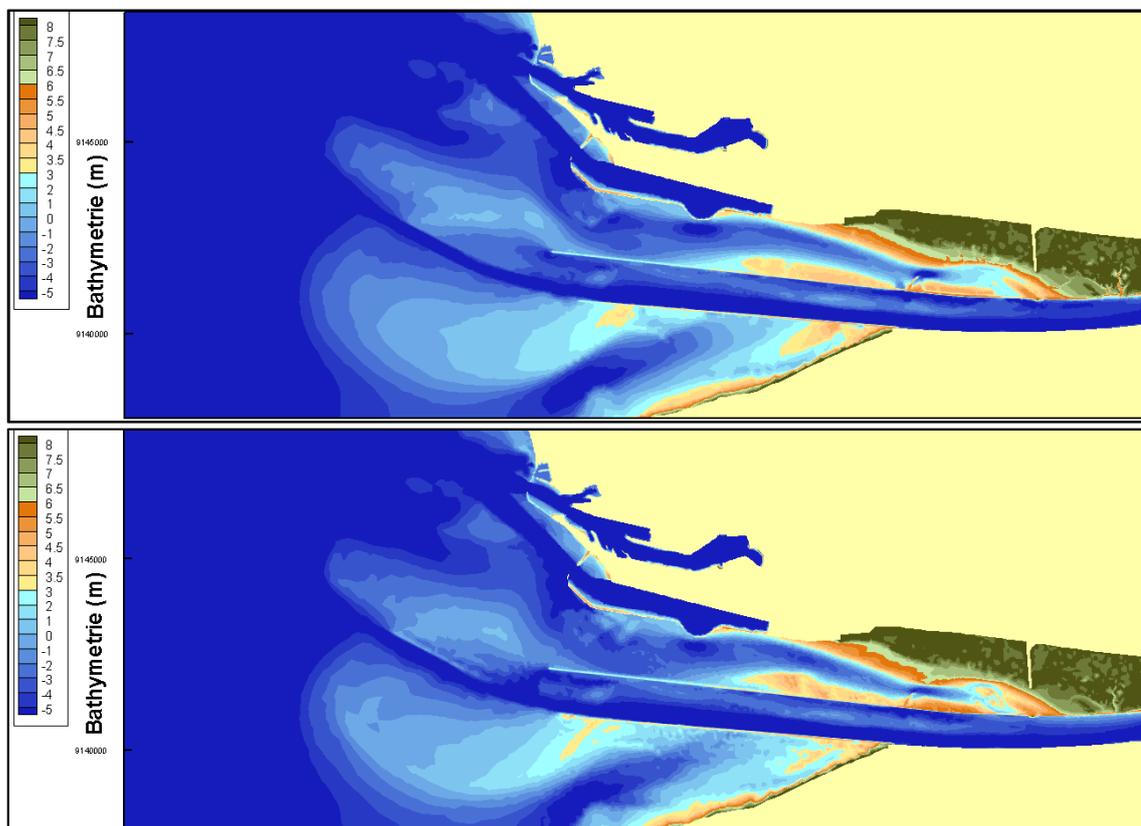


Figure 19. Carte des fonds pour la situation tendancielle (AN0 en haut et AN 7 en bas)

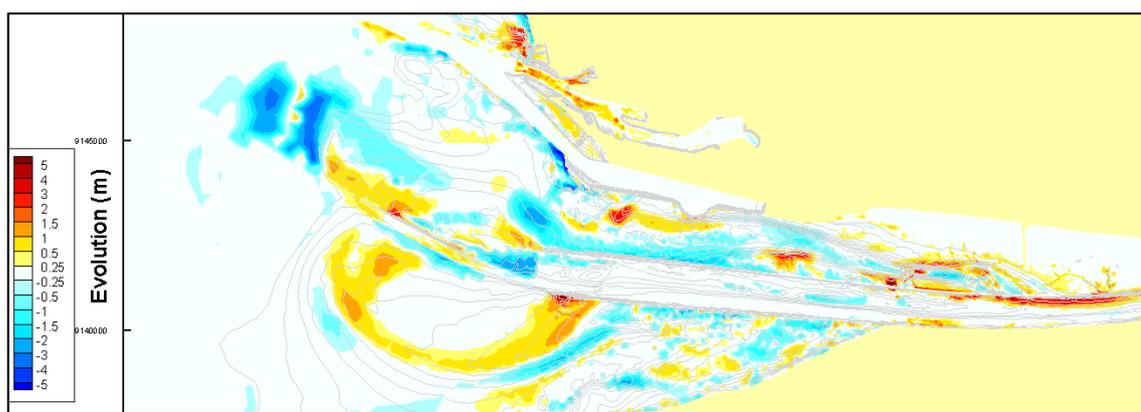


Figure 20. Evolution des fonds sur les 7 ans de calculs – Situation tendancielle

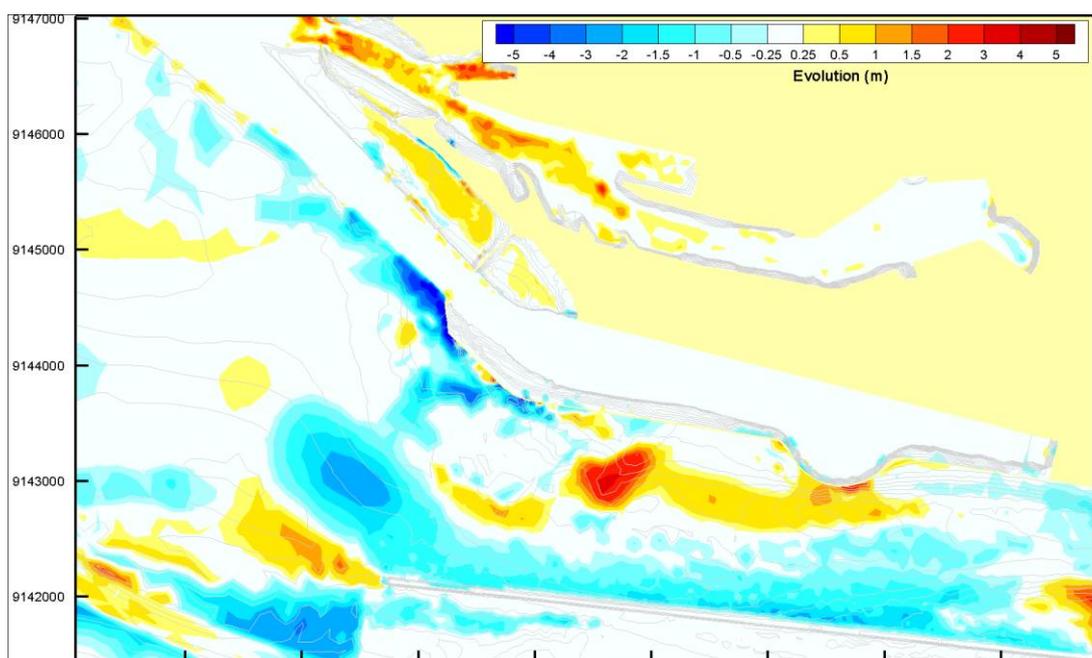


Figure 21. Zoom évolution des fonds sur les 7 ans de calculs – Situation tendancielle

Après 7 ans d'évolution, on observe principalement les évolutions suivantes dans l'estuaire de la Seine :

- La zone du Kannik est en érosion suite à l'arrêt des clapages sur cette zone dans le modèle ;
- Un engraissement à l'entrée du chenal de navigation du GPMR dans la zone de l'engainement est calculé ainsi qu'un élargissement du banc Sud ;
- Des dépôts sont calculés dans le chenal de navigation du GPMR ainsi qu'au débouché du méandre amont dans le chenal de la Seine
- La fosse Nord aval, face à Port 2000, continue de se déplacer vers la zone longeant la digue basse Nord.
- Plus à l'Est, la fosse nord amont continue à pénétrer vers l'amont à l'Est de l'épi du Hode.
- Le banc de la Passe continue à se réaménager, tout en sédimentant ainsi que la zone du méandre.

Il est à noter que les évolutions calculées dans les zones draguées (chenal de navigation GPMR, chenaux et bassins de Port 2000, chenaux et bassins du Port Nord) ne doivent pas être interprétées et n'ont pas de sens physique sur la morphodynamique long-terme puisque ces zones sont draguées artificiellement quotidiennement dans la modélisation. En particulier pour le port Nord du GPMH, le dépôt calculé s'explique par le fait que les fonds dans le levé bathymétrique initial sont à la cote réelle de dragage à -15.50 mCMH, alors que la cote de dragage utilisée dans la modélisation est à -14.50 mCMH (cote minimale des fonds en fin de calcul).

2.1.2. Calcul de la situation projet

Les mêmes cartographies sont présentées pour la situation incluant le projet de Chatière :

- La [Figure 22](#) présente la carte des fonds bathymétriques à l'échelle de l'estuaire au début et à la fin du calcul pour la situation tendancielle.
- Les [Figure 23](#) et [Figure 24](#) présentent la carte d'évolution des fonds associée : dans les tons rouges figurent les zones de dépôts et dans les tons bleus les zones d'érosion

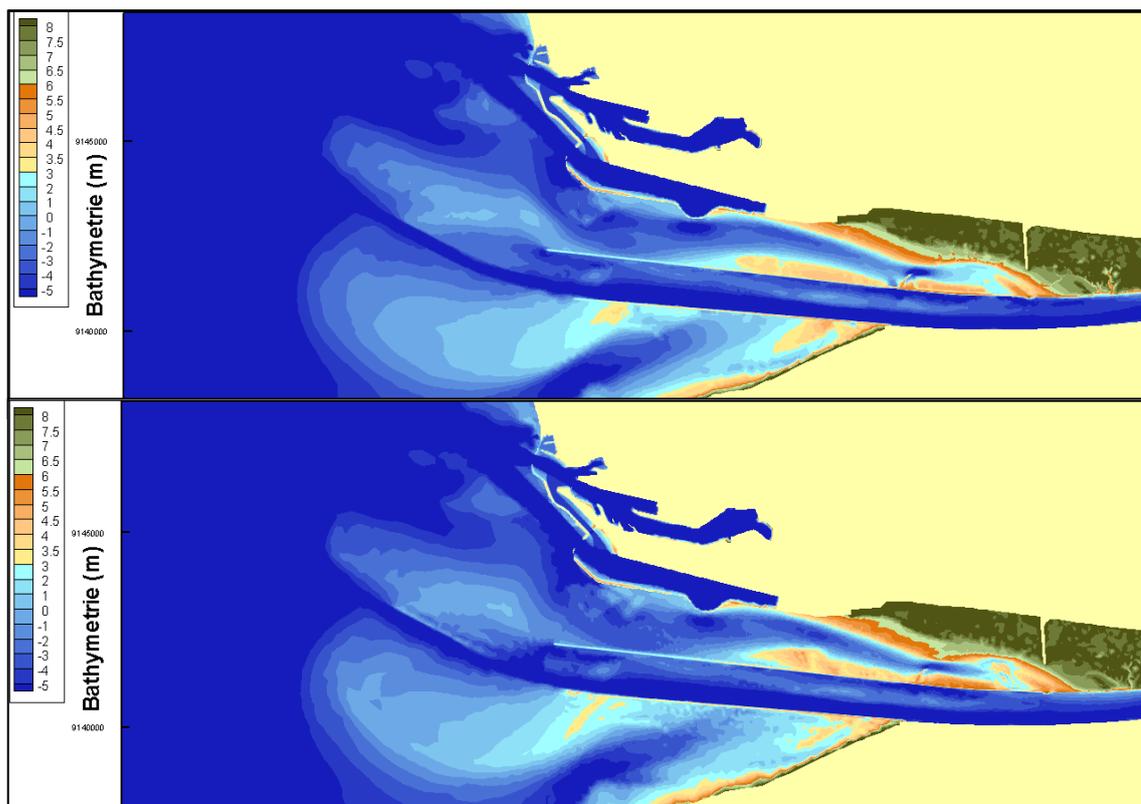


Figure 22. Carte des fonds pour la situation projet (AN0 en haut et AN 7 en bas)

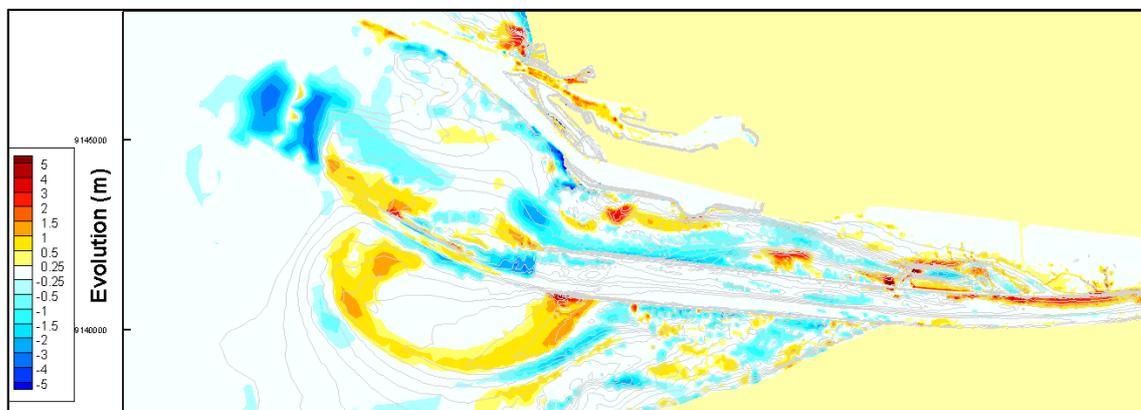


Figure 23. Evolution des fonds sur les 7 ans de calculs – Situation projet

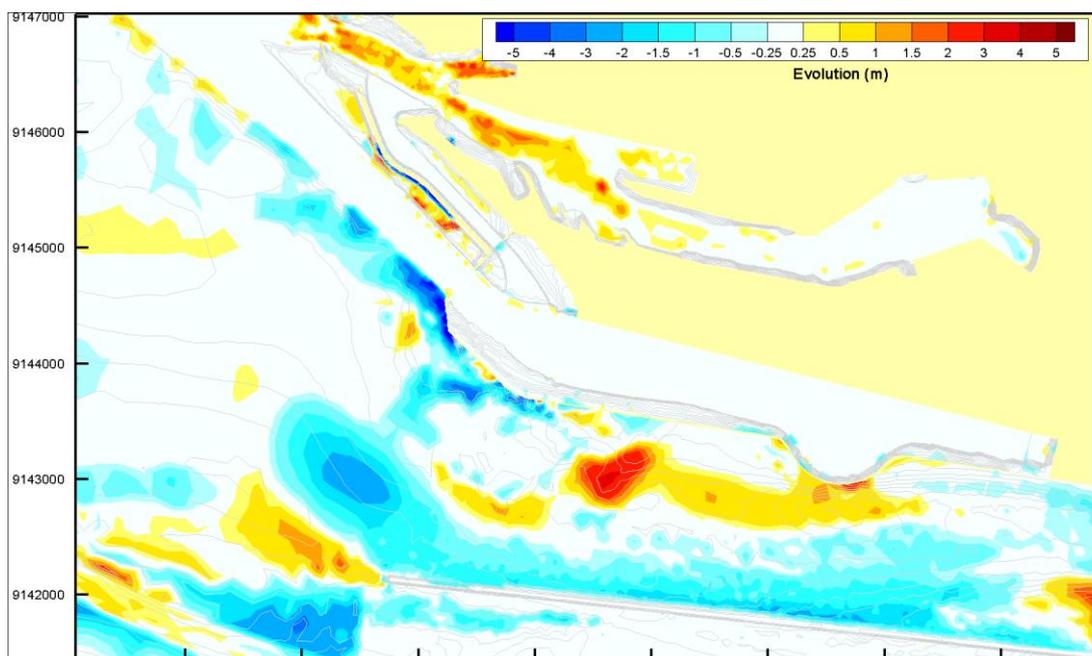


Figure 24. Evolution des fonds sur les 7 ans de calculs – Situation projet - Zoom

Il ressort les mêmes évolutions principales entre les deux configurations, tendancielle et projet. **Le projet chatière ne semble pas générer de différences majeures sur la morphologie de l'estuaire.**

Il est rappelé que les évolutions calculées dans les zones draguées (chenal de navigation GPMR, chenaux et bassins de Port 2000, chenaux et bassins du Port Nord) ne doivent pas être interprétées et n'ont pas de sens physique sur la morphodynamique long-terme puisque ces zones sont draguées artificiellement quotidiennement dans la modélisation. En particulier pour le port Nord du GPMH, le dépôt calculé s'explique par le fait que les fonds dans le levé bathymétrique initial sont à la cote réelle de dragage à -15.50 mCMH, alors que la cote de dragage utilisée dans la modélisation est à -14.50 mCMH (cote minimale des fonds en fin de calcul).

Les Figure 25 et Figure 26 correspondent à la différence entre les 2 cartes d'évolution : attention, il ne s'agit pas d'une carte d'évolution mais d'un comparatif de deux évolutions des fonds :

- Des tons rouges signifient que le projet chatière entraînent plus de dépôts ou moins d'érosion ;
- Des tons bleus signifient que le projet chatière entraîne plus d'érosion ou moins de dépôts.

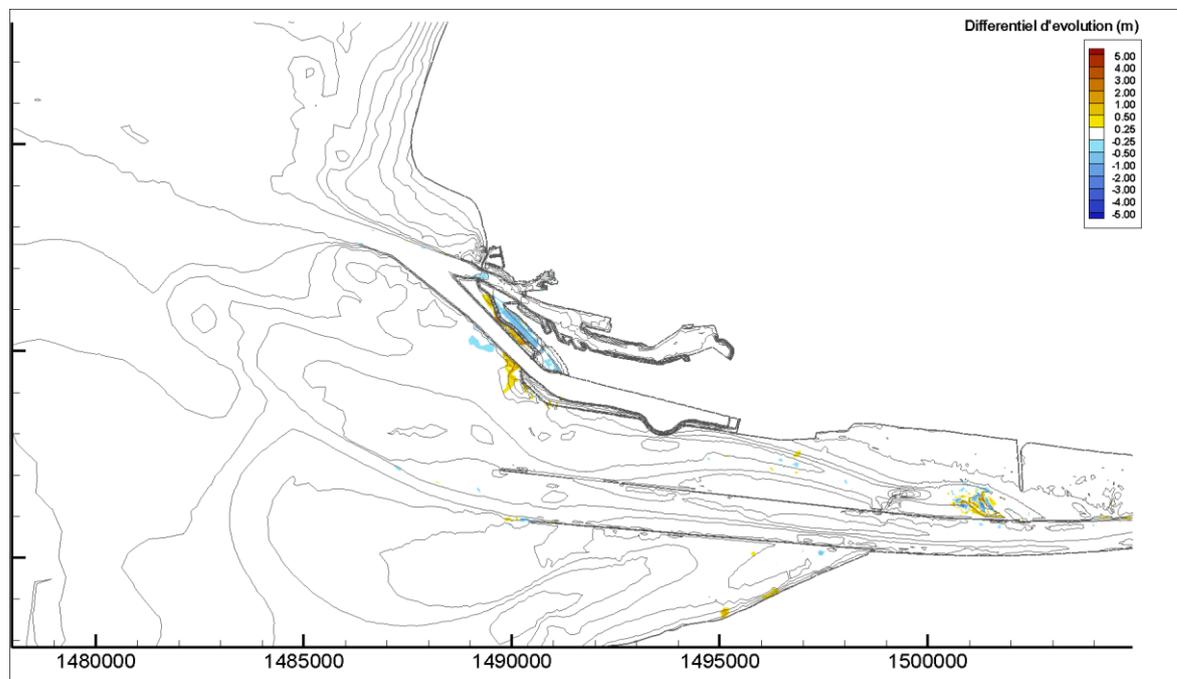


Figure 25. Différence des évolutions sur 7 ans de la situation projet et la situation tendancielle



Figure 26. Différence des évolutions sur 7 ans de la situation projet et la situation tendancielle

Ces cartographies([Figure 25](#) et [Figure 26](#)) permet d'estimer les impacts propres au projet Chatière, qui sont essentiellement centrés autour du chenal de chatière.

On note les observations significatives suivantes :

- Le chenal de la chatière apparait en bleu (diminution des dépôts) : en effet, dans le calcul de la situation tendancielle le chenal est en légère sédimentation alors que dans le calcul Chatière celui-ci est dragué : il y a donc moins de dépôts dans le chenal en situation projetée Chatière qu'en situation tendancielle.
- La partie ouest de la digue de la Chatière est une zone où les dépôts augmentent
- Une moindre érosion en rive sud de l'entrée de Port2000,
- Les autres différences à des échelles plus large restent très ponctuelles et principalement dues aux précisions de calcul qui peuvent aboutir au bout de 7 ans de calcul à des dérives locales non significatives.

2.2. EVOLUTIONS DETAILLEES DES VOLUMES DE CUBATURES

2.2.1. Cubature globale

Un calcul de cubature globale des volumes est réalisé à l'échelle de l'estuaire. Le bilan volumétrique global cumulé depuis fin 2005 est présenté à la [Figure 27](#), en complément à l'évolution déjà calculée sur les 10 années précédentes (2005-2015).

Les volumes mis en jeux sont identiques entre les deux calculs tendanciels et projet à l'échelle de l'estuaire : après 7 ans de calculs, le bilan de volume est respectivement de -13,0 et -13,2 millions de m³ pour les situations respectivement tendancielle et projet.

Les courbes apparaissent superposées sur le graphique de la [Figure 27](#) entre le calcul de la situation tendancielle (V85) et le calcul de la situation projet (V86).

A noter : le déficit de matériaux qui apparait sur les 7 ans de calculs (par rapport aux 10 ans de calcul précédents) s'explique par le fait que les dragages réalisés dans le chenal de navigation de la Seine ne sont plus compensés par les immersions du GPMR au Kannik (les immersions du GPMR ont lieu sur Machu, situé en dehors de la zone de cubature globale).

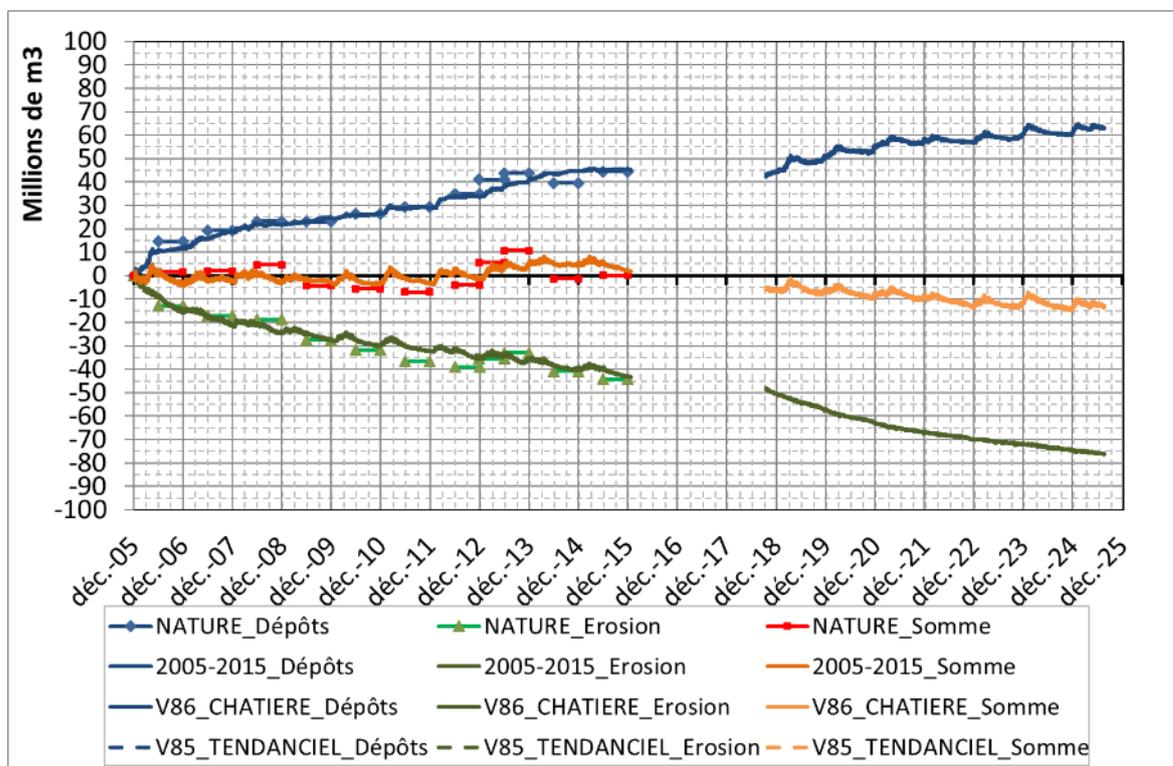


Figure 27. Cubature volumétrique globale de l'estuaire

2.2.2. Cubatures détaillées

L'évolution des cubatures détaillées secteurs par secteurs sont ensuite calculées, pour les deux calculs tendanciels et projet. L'emprise des boîtes utilisées pour le calcul des cubatures détaillées est appelée à la Figure 28.

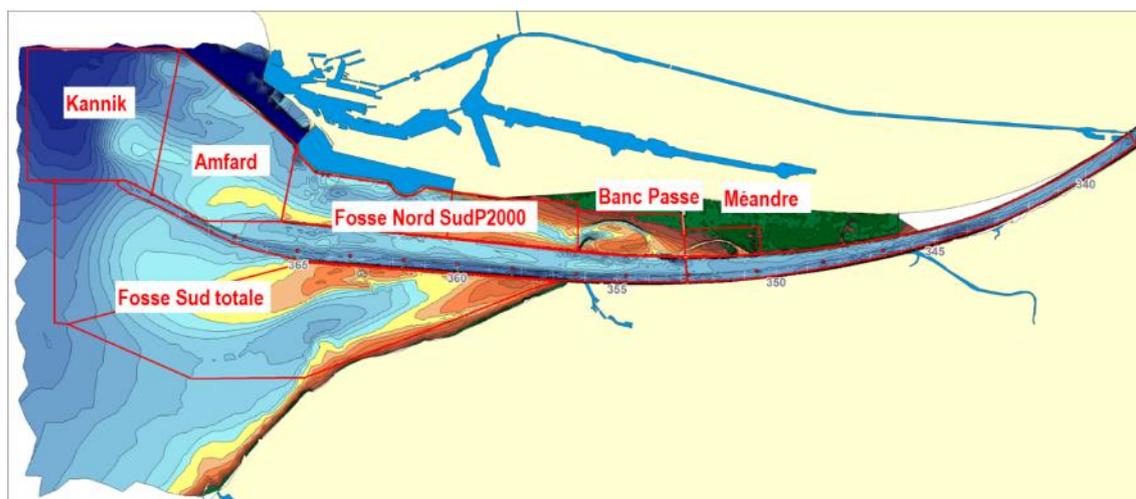


Figure 28. Evolution cubature détaillée - emprise des boîtes

Les figures suivantes présentent les bilans de masse pour les zones Kannik, Amfard, Fosse Nord Sud Port2000, et fosse Sud qui sont les plus proches de la zone de projet. Les résultats sont présentés à la suite de ceux obtenus pour le calcul précédent de validation du modèle (courbe rose sur les Figure 31 à Figure 29) sur la période fin 2005 à fin 2015. Sont présentés également les résultats de cubatures disponibles sur les observations (série rouge avec boîte d'incertitude selon les précisions des dates et des levés disponibles).

Il n'y a pas de différence significative d'évolution des masses : les courbes apparaissent superposées sur les graphiques (Figure 31 à Figure 30) entre le calcul de la situation tendancielle (V85) et le calcul de la situation projet (V86). Les observations suivantes peuvent être faites (mais sont identiques pour les deux calculs à comparer tendanciel et projet) :

- Au Kannik, le modèle reproduit une érosion du site d'immersion du GPMR plus utilisé depuis 2017 (Figure 31).
- Sur Amfard, les fonds sont en érosion régulière (Figure 32).
- Sur la fosse Nord, le modèle montre une tendance générale à l'érosion avec une variabilité pluriannuelle à l'hydrologie (Figure 33).
- Sur la zone Sud, la tendance observée est lente et lissée (Figure 34)

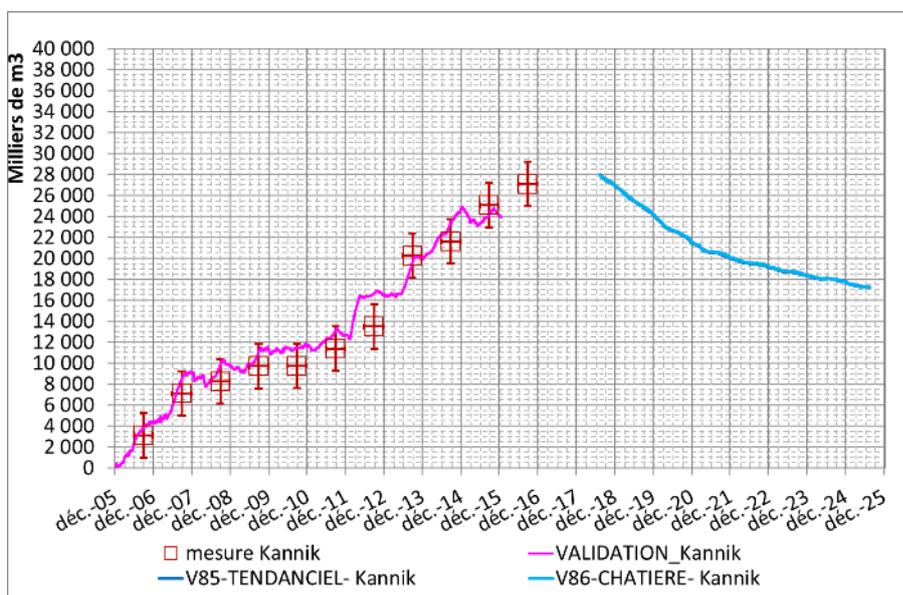


Figure 31. Evolution cubature détaillée - Kannik

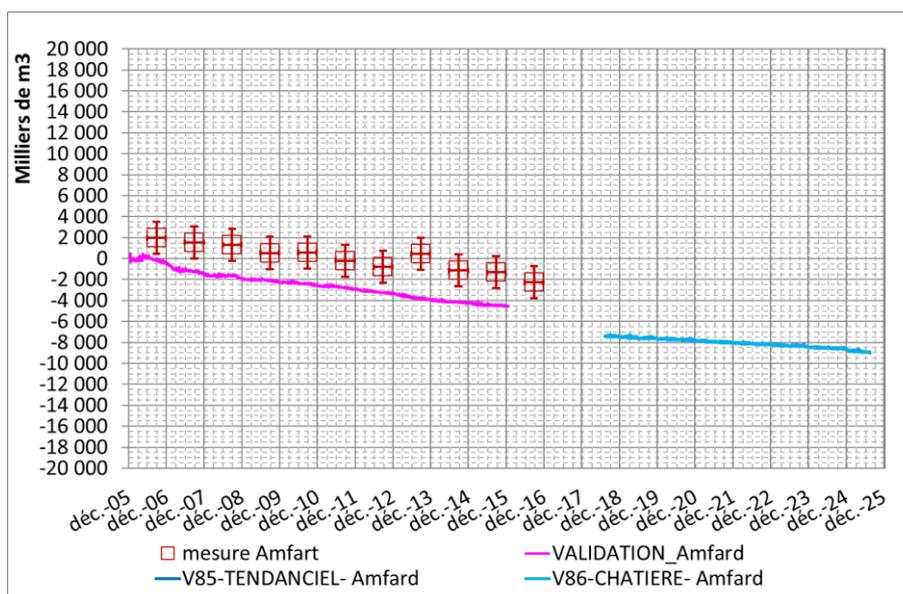


Figure 32. Evolution cubature détaillée - Amfard

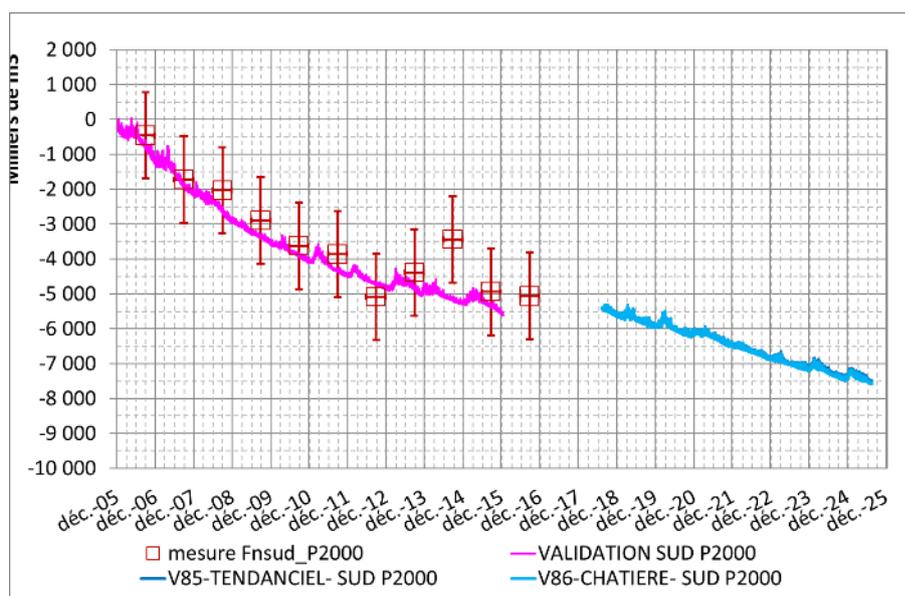


Figure 33. Evolution cubature détaillée – Fosse nord Sud Port2000

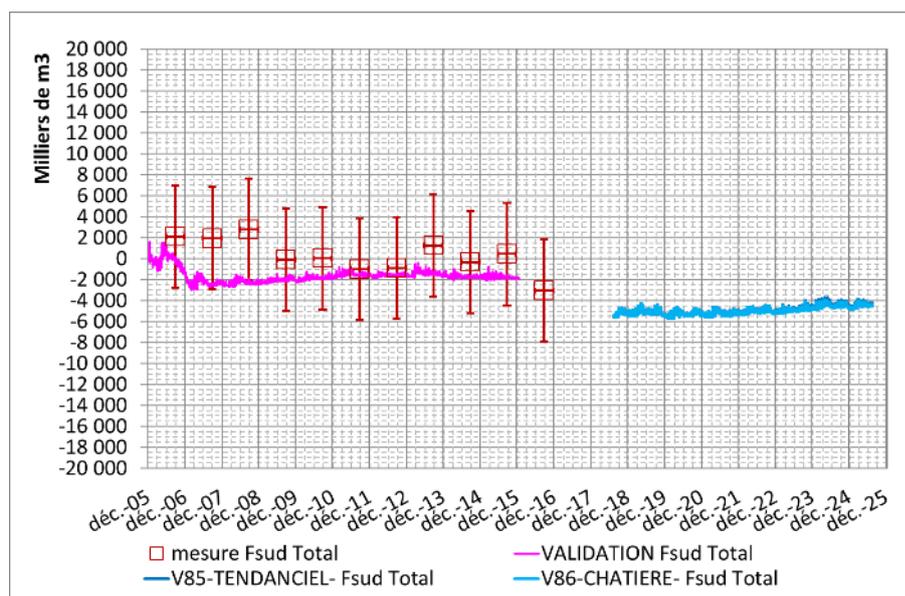


Figure 34. Evolution cubature détaillée – Zone Sud

L'intégralité des zones sont présentées en Annexe A, figures 1 à 8.

L'analyse du détail des évolutions par zone confirme que l'impact du projet Chatière est très localisé et ne modifie pas les évolutions morphologiques de l'estuaire.

2.3. DRAGAGES D'ENTRETIEN DES GRANDS PORTS

2.3.1. GPMH

Les dragages d'entretien dans le port du Havre sont calculés sur les 7 ans de calcul, pour les deux configurations tendancielle et projet. A noter que les volumes dragués dans la modélisation ont été stockés et cumulés sans distinguer les zones de port2000 et port ancien. Il ressort :

- Un dragage de l'ordre de 5,1 millions de t pour la situation tendancielle et de l'ordre de 5,5 millions de t pour la situation projet. Ceci correspond à une augmentation de +6.7% des dragages d'entretien du GPMH.
- Les dragages sont essentiellement de matériaux vaseux (respectivement 4.2 et 4.6 millions de tonnes de vases draguées pour les 2 calculs).
- Les dragages du GPMH augmentent de +6.7% avec le projet Chatière, dont plus de la moitié (3.9 %) correspondent aux dragages du chenal de la Chatière, le reste étant dragué dans les zones actuelles, du fait d'une circulation plus importante.

La Figure 35 présente l'évolution des dragages calculés sur les 7 ans de calcul.

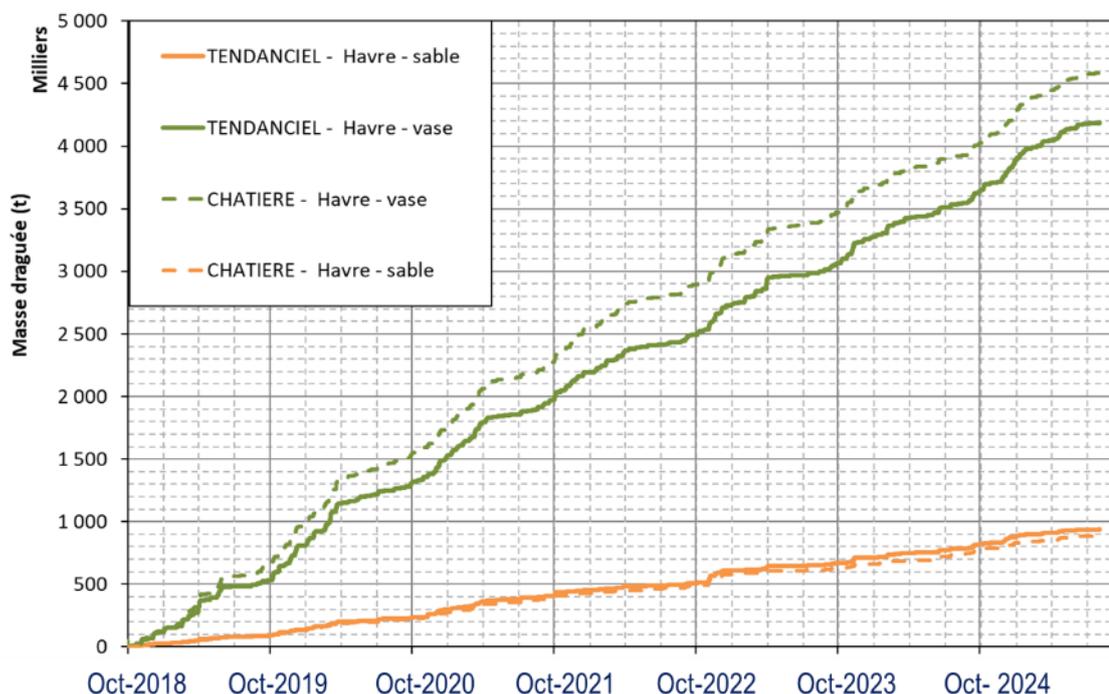


Figure 35. Evolution des masses draguées pour le GPMH

2.3.2. GPMR

Les dragages d'entretien dans le port de Rouen sont calculés sur les 7 ans de calcul, pour les deux configurations tendancielle et projet. Il ressort :

- Les masses draguées sont du même ordre de grandeur pour la situation tendancielle et pour la situation projet, d'environ 22,2 millions de tonnes sur 7 années.
- Les matériaux vaseux représentent environ un tiers des matériaux dragués.
- Le projet n'a pas d'influence sur ces dragages

La Figure 36 présente l'évolution des dragages calculés sur les 7 ans de calcul.

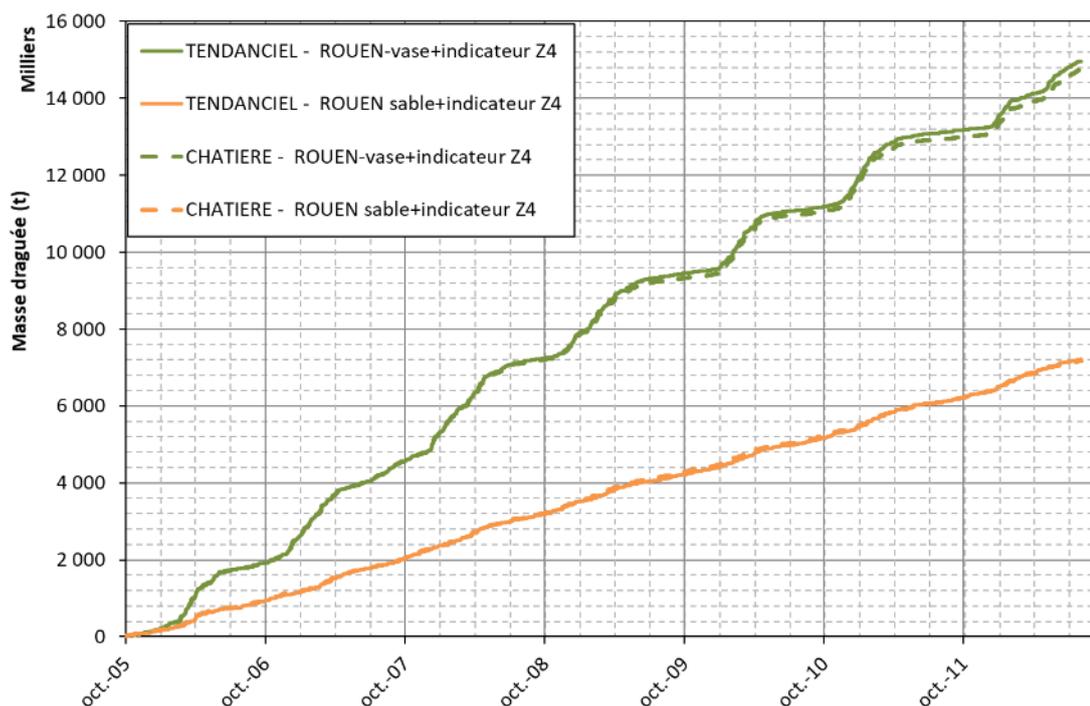


Figure 36. Evolution des masses draguées pour le GPMR

2.3.3. Comparaison avec les calculs précédents

On notera que par rapport au calcul de validation et aux calculs effectués en 2017 pour le projet Chatière, les dragages (GPMH et GPMR) calculés par le modèle sont moins importants sur ces dernières simulations. L'origine exacte de cette différence n'est pas déterminée car plusieurs hypothèses et différences existent entre ces calculs :

- Bathymétrie de départ RH 2019 à la place de RH à mi-2013
- Période hydrologique 2005-2012 au lieu de 2014-2015+2012-2015 qui sont plus humides
- Clapages à Machu au lieu de Kannik sur les 4 premières années

Cette différence n'enlève rien à l'intérêt de comparer les dragages calculés dans les deux calculs (tendanciel et projet) puisqu'ils sont effectués dans des conditions comparables.

3. IMPACT DU PROJET DE LA CHATIERE SUR L'HYDRODYNAMISME

3.1. METHODOLOGIE

Afin d'estimer plus finement le fonctionnement de l'aménagement de la Chatière et d'estimer les potentiels impacts sur l'hydrodynamisme local, une analyse de l'hydrodynamisme a été réalisée après un an d'évolution, sur un cycle de marée de 15 jours, couvrant ainsi différents coefficients de marée.

La Figure 45 présente l'évolution de la surface libre pendant le cycle de marée de 15 jours à proximité du port du Havre. Les forts coefficients de marée (marnage important) sont situés entre le 06 et 13 octobre environ. La marée de coefficient 85 apparaît le 11/10/2006 (entre 6h et 18h environ).

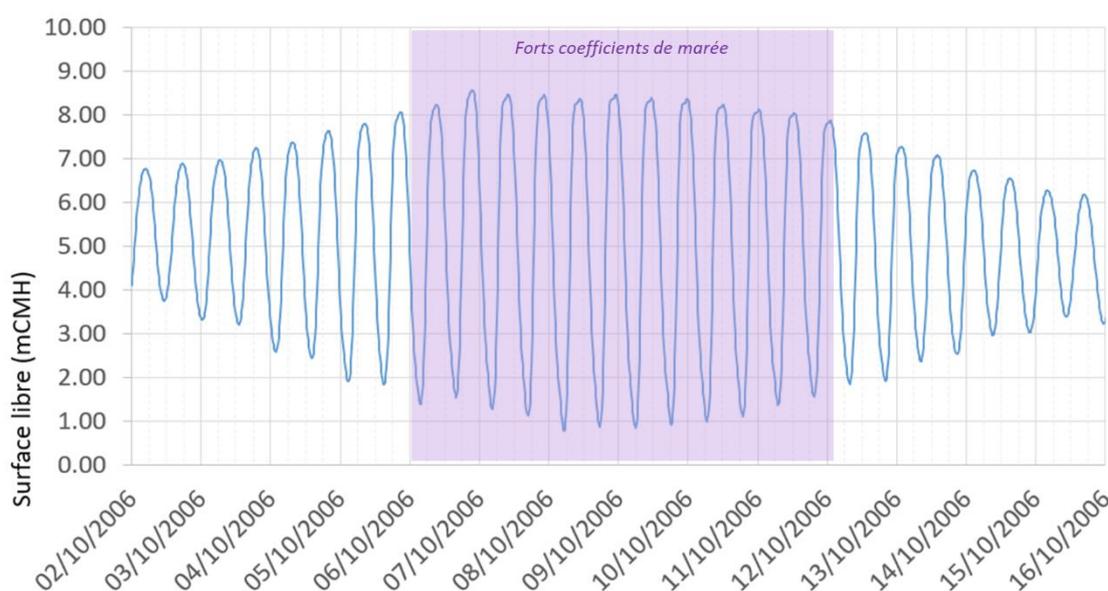


Figure 37. Surface libre pendant le cycle de marée de 15 jours

L'analyse hydrodynamique a consisté à :

- Estimer l'emprise géographique de l'impact du projet Chatière sur l'hydrodynamisme,
- Caractériser le fonctionnement hydrodynamique de l'aménagement Chatière, à l'aide de cartes de vitesses pour une marée de vive-eau à différentes heures caractéristiques (champs de courants), et des calculs de courants dans le chenal pour une marée spécifique ;
- Comparer, entre les situations tendancielle et projet, les vitesses, directions de courant et niveaux d'eau au droit de différents points de sondes spécifiques répartis autour de l'aménagement.

A noter que des compléments spécifiques sur les courants aux alentours de la Chatière sont disponibles en Annexe 2. De plus, un travail est en cours avec GPMH-Pilotage et les analyses et conclusions associées ne font pas partie du présent rapport.

3.2. ENVELOPPE DE L'IMPACT DU PROJET CHATIERE SUR LES COURANTS

Les Figure 38 et Figure 39 présentent l'impact du projet Chatière sur les courants, et correspondent

aux différentiels des maximum de courants de flot et de jusant pour une forte marée (coefficient 101) entre le calcul tendanciel et le calcul projet.

Les courants étant les principaux facteurs d'évolution des fonds dans l'estuaire, il ressort logiquement les mêmes observations que pour les évolutions des fonds à savoir :

- Les courants sont significativement modifiés dans le chenal de la chatière et aux entrées et sorties de celui-ci.
- Les courants sont également modifiés à proximité des 2 passes d'entrée portuaires (Port 2000 et port historique).
- En dehors de la zone portuaire, il n'y a pas d'impact de l'aménagement chatière sur les courants. Les autres différences restent très ponctuelles et sont principalement dues aux précisions de calcul qui peuvent aboutir au bout de 7 ans de calcul à des dérives locales non significatives.

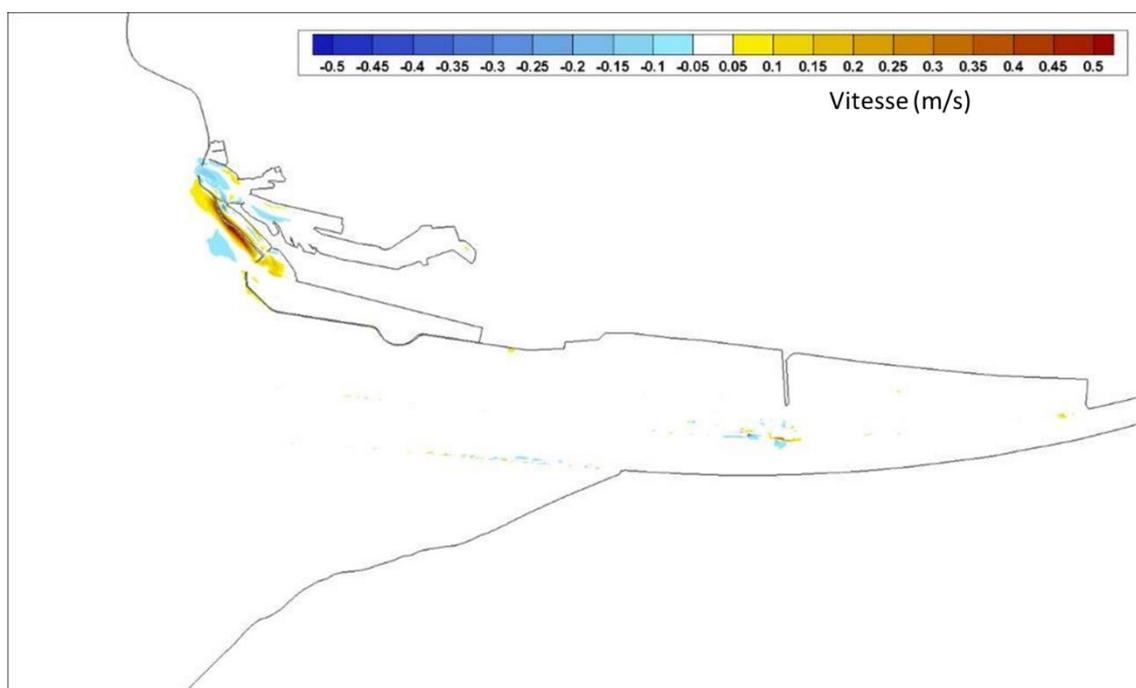


Figure 38. Impact de la Chatière sur les courants de flot (marée coef 101)

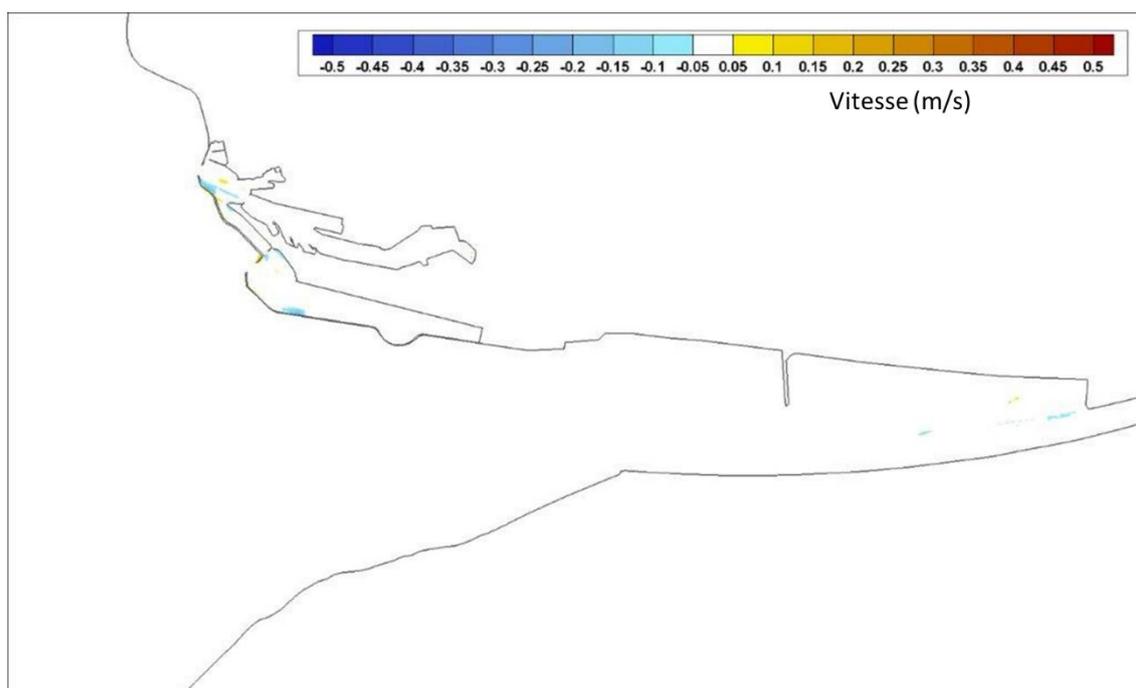


Figure 39. Impact de la Chatière sur les courants de jusant (marée coef 101)

3.3. FONCTIONNEMENT HYDRODYNAMIQUE DE L'AMENAGEMENT CHATIERE

Les cartes de la [Figure 40](#), [Figure 41](#) et [Figure 42](#) présentent, pour le calcul projet Chatière, des champs de courants pour une marée de coefficient 101 à 3 temps caractéristiques.

L'intégralité des champs de courant sont présentées heure par heure en Annexe A, figures 8 à 20 pour l'état tendanciel et figures 21 à 33 pour l'état projet.

On notera principalement la présence d'un double pic de période de flot avec des directions inversées dans le chenal de la Chatière : le début de flot se fait en cohérence avec la Seine puis un pic de vitesses plus importantes se fait ressentir dans le chenal de la Chatière en fin de flot, dans des directions inversées. Le jusant est également « inversé » dans le chenal de la Chatière par rapport à la Seine et le chenal se vide depuis les bassins historiques vers le bassin de Port 2000.

Le schéma à la [Figure 43](#) synthétise le fonctionnement du chenal de Chatière.

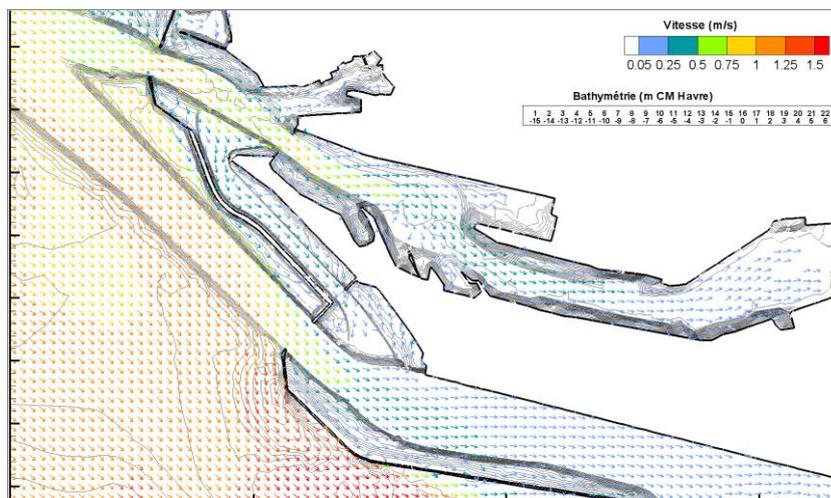


Figure 40. Champs de courant – Coef.101 – pic de flot 1

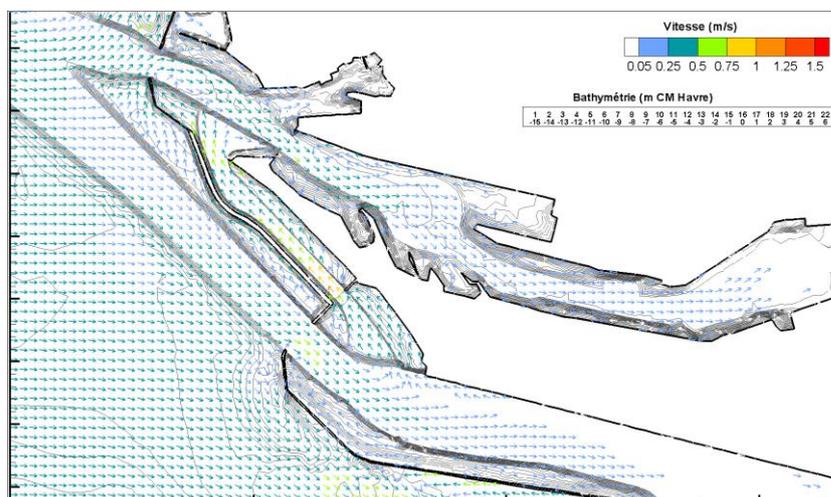


Figure 41. Champs de courant – Coef.101 – fin de pic de flot 2

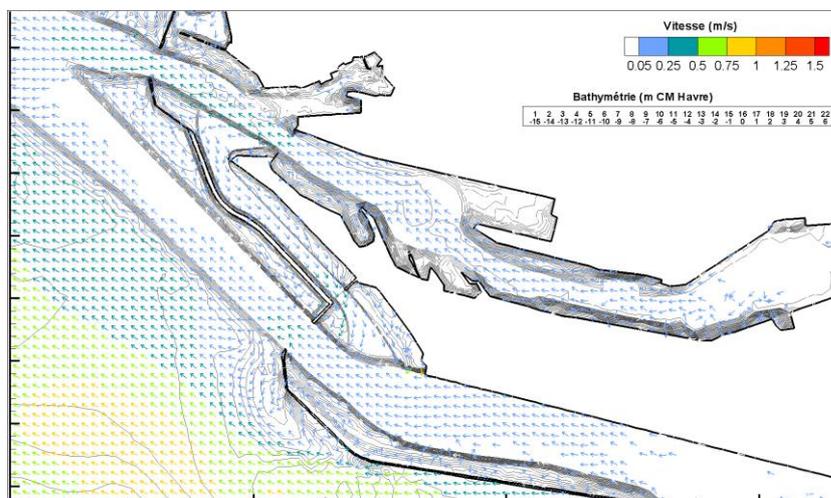


Figure 42. Champs de courant – Coef.101 – pic de jusant

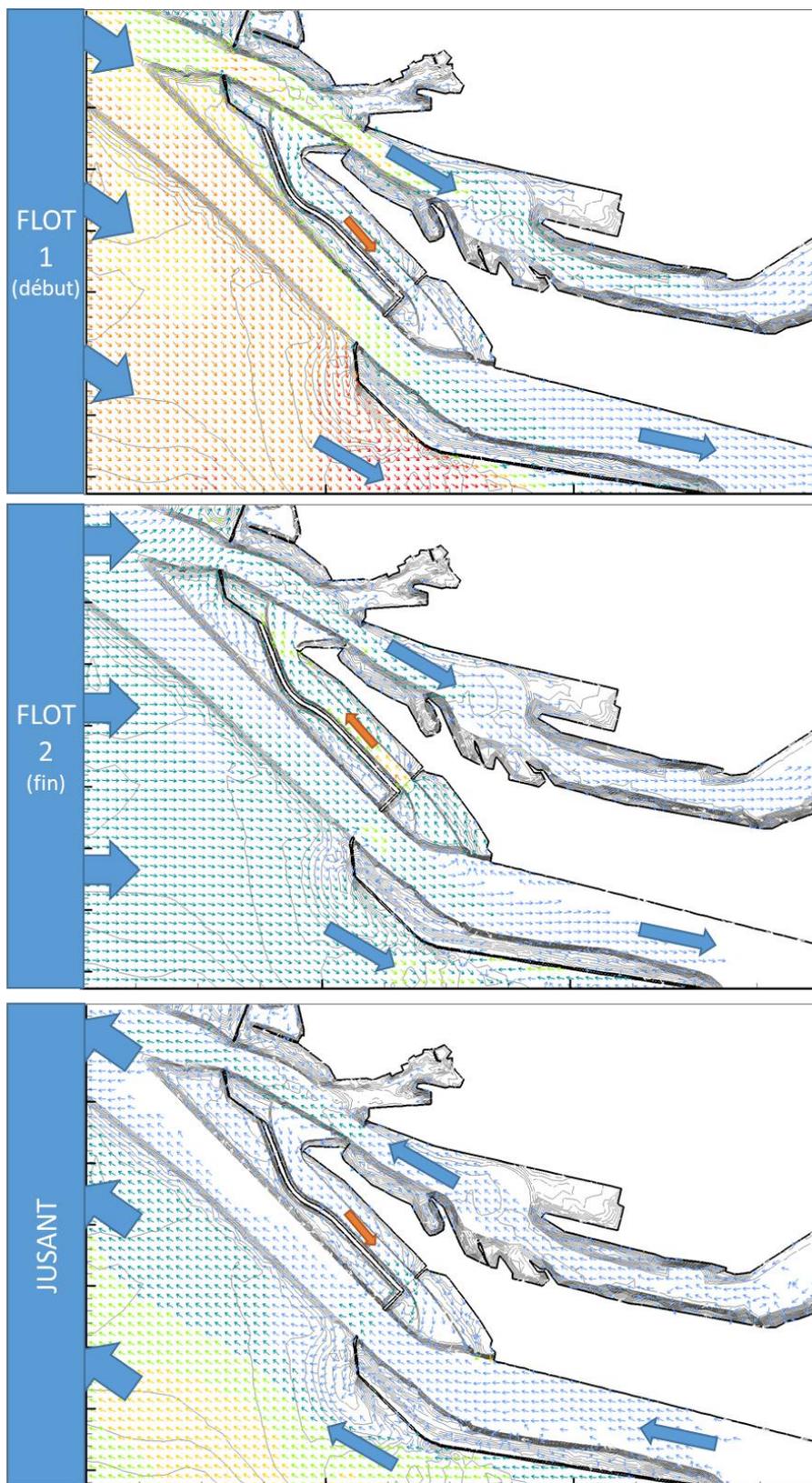


Figure 43. Synthèse du fonctionnement du chenal de la Chatière

Les courbes suivantes présentent les valeurs de vitesses et directions sur une marée (coef.86) pour deux points sondes situés dans le chenal de chatière (localisation des points à la Figure 44).

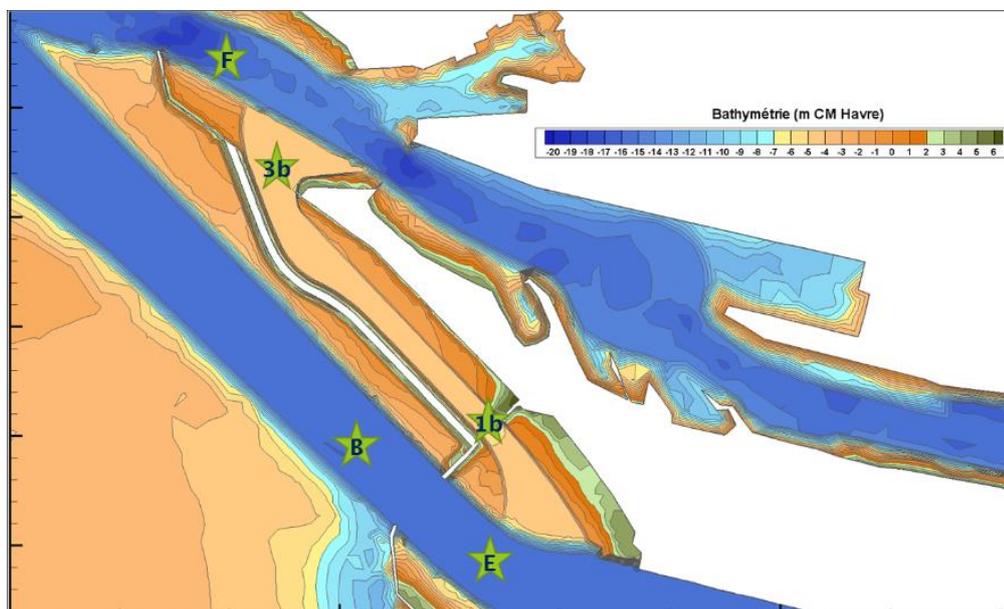


Figure 44. Points de sonde dans l'aménagement et les chenaux d'accès portuaire

Pour chaque point sonde, plusieurs informations peuvent être fournies : la vitesse moyennée sur la colonne d'eau ou la vitesse à une certaine profondeur identifiées (en surface, au fond, à une cote précise...). D'une manière générale, la vitesse moyennée sur la colonne d'eau est représentative de l'hydrodynamisme local ; c'est par défaut cette donnée qui est communiquée, sauf mention explicite.

La Figure 45 présente sur le graphique l'évolution de la vitesse (**moyennée sur la colonne d'eau**) dans le chenal de la Chatière (au point 1b) sur un cycle de marée de 15 jours. Les plus fortes vitesses de courant sont calculées pendant les forts coefficients de marée entre les 8 et 12 octobre environ et atteignent jusqu'à 1 m/s.

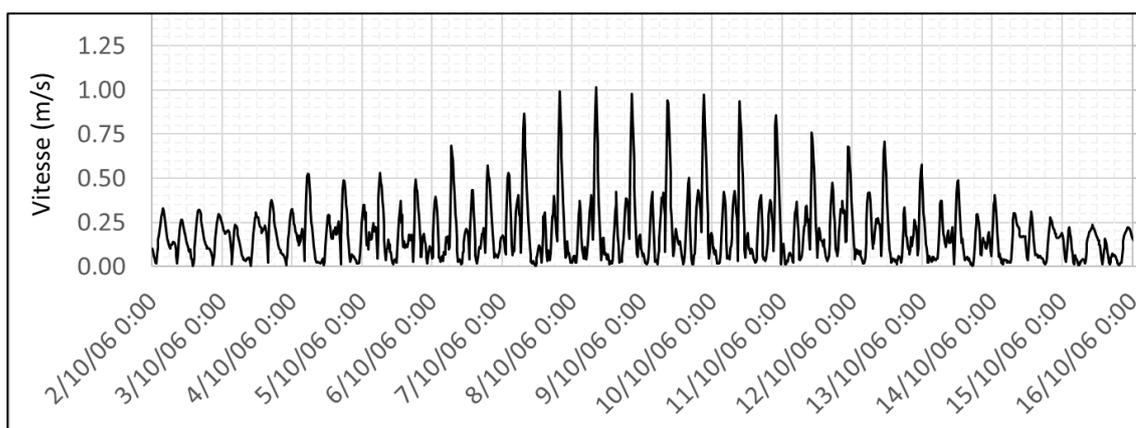


Figure 45. Vitesses dans le chenal – Point 1b – 15 jours

Les Figure 46 et Figure 47 présentées à la suite présentent plusieurs informations :

- L'axe horizontal correspond au temps et les bandes bleu ciel représentent les phases de flot (entre BM : basse-mer et PM : pleine-mer) et de jusant (entre PM et BM).

- La courbe noire présente l'évolution de la vitesse (**moyennée sur la colonne d'eau**), en fonction du temps pour une marée de coefficient 86.
- La courbe rouge présente l'évolution de la direction du courant, en fonction du temps pour une marée de coefficient 86. Nous rappelons que par convention, la direction du courant est celle où le courant va.
- Enfin la courbe pointillé bleu présente l'évolution de la surface libre en fonction du temps pour cette marée de coefficient 86.

Par exemple sur la **Figure 46** au point 1b : le 11/10 à environ 10h, on note un pic de courant avec une vitesse de 0.75 m/s et une direction de $\sim -45^\circ\text{N}$. Ce pic a lieu au moment où la surface libre est à +7.5mCMH en train d'augmenter (flot) avant l'étalement de pleine-mer. Il est nommé sur le graphe « Pic de flot 2 ».

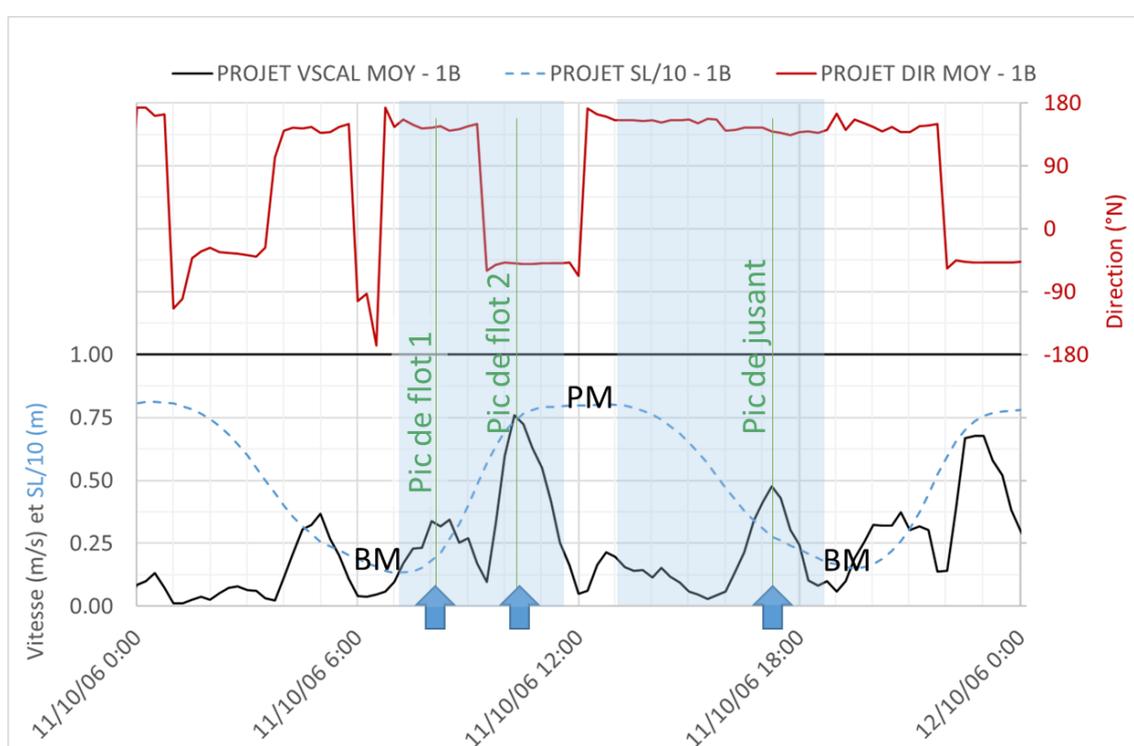


Figure 46. Vitesses dans le chenal - Point 1b - Marée coef 86

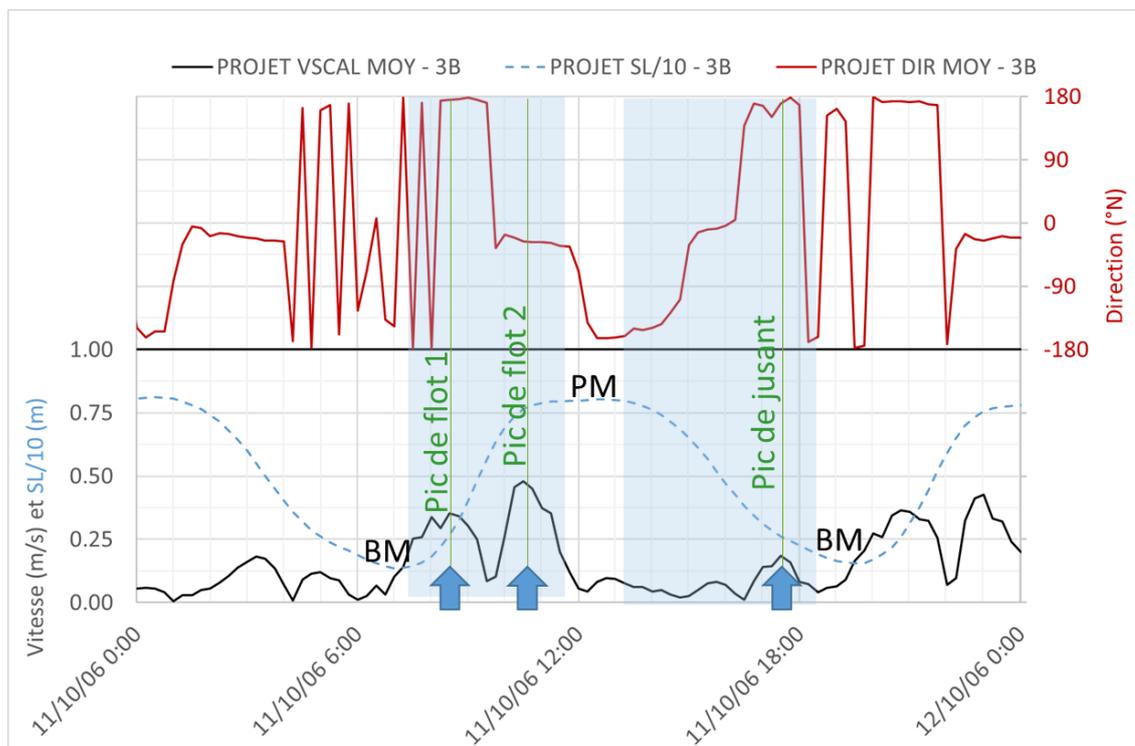


Figure 47. Vitesses dans le chenal - Point 3b - Marée coef 86

Les courants les plus importants dans l'aménagement se font ressentir en fin de flot, avec des courants qui vont de Port2000 vers le port du Havre. Le maximum de vitesses est localisé vers la passe créée dans la digue de Port2000 (point 1b) avec des vitesses dépassant 1,0 m/s en forte vive-eau. On notera qu'au niveau de la passe dans la digue sud (point 3B), les courants peuvent atteindre 0,65 m/s (en moyenne verticale) et sont traversiers.

Les vitesses en jusant sont bien moins importantes avec un maximum de 0,5 m/s en forte VE. Ce maximum est obtenu sur la même zone qu'en jusant, au droit du point 1b qui correspond à un rétrécissement de la section hydraulique (d'où une accélération des courants).

Des compléments sur la comparaison des courants aux alentours de l'aménagement de la Chatière sont disponibles en Annexe B. Un travail d'analyse complémentaire des données de courants calculées font l'objet d'un travail conjoint en cours GPMH-Pilotage : les conclusions ne font pas partie du présent rapport.

BIBLIOGRAPHIE

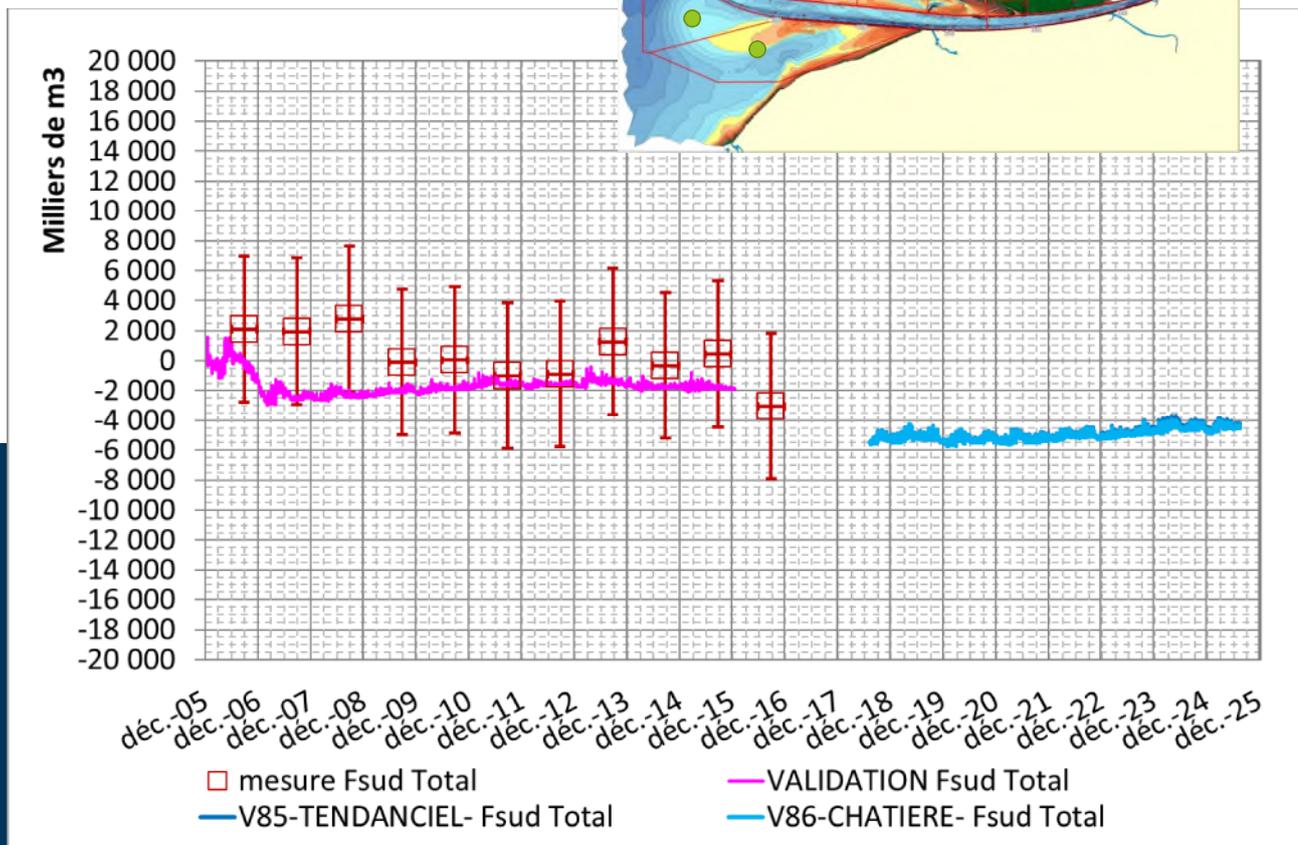
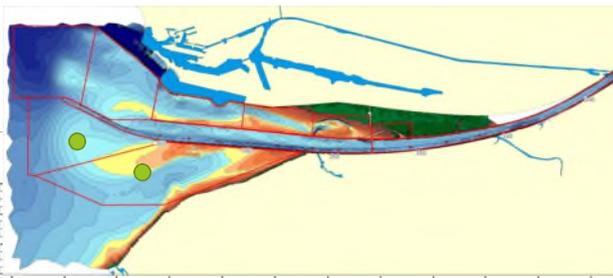
- [1] ARTELIA, Réhabilitation des vasières de l'estuaire de la Seine. Développement et exploitation d'un modèle hydrosédimentaire 3D de l'estuaire. Rapport R1 à R9 réalisés entre 2012 et 2018 pour le compte du GPMH.
- [2] MUNTONI M. 2019. PROPOSE : Potentialités de RestauratiOn des habitats clés pour les POissons dans l'estuaire de la Seine. Rapport d'étude du GIP Seine-Aval. 82 pp.

oOo

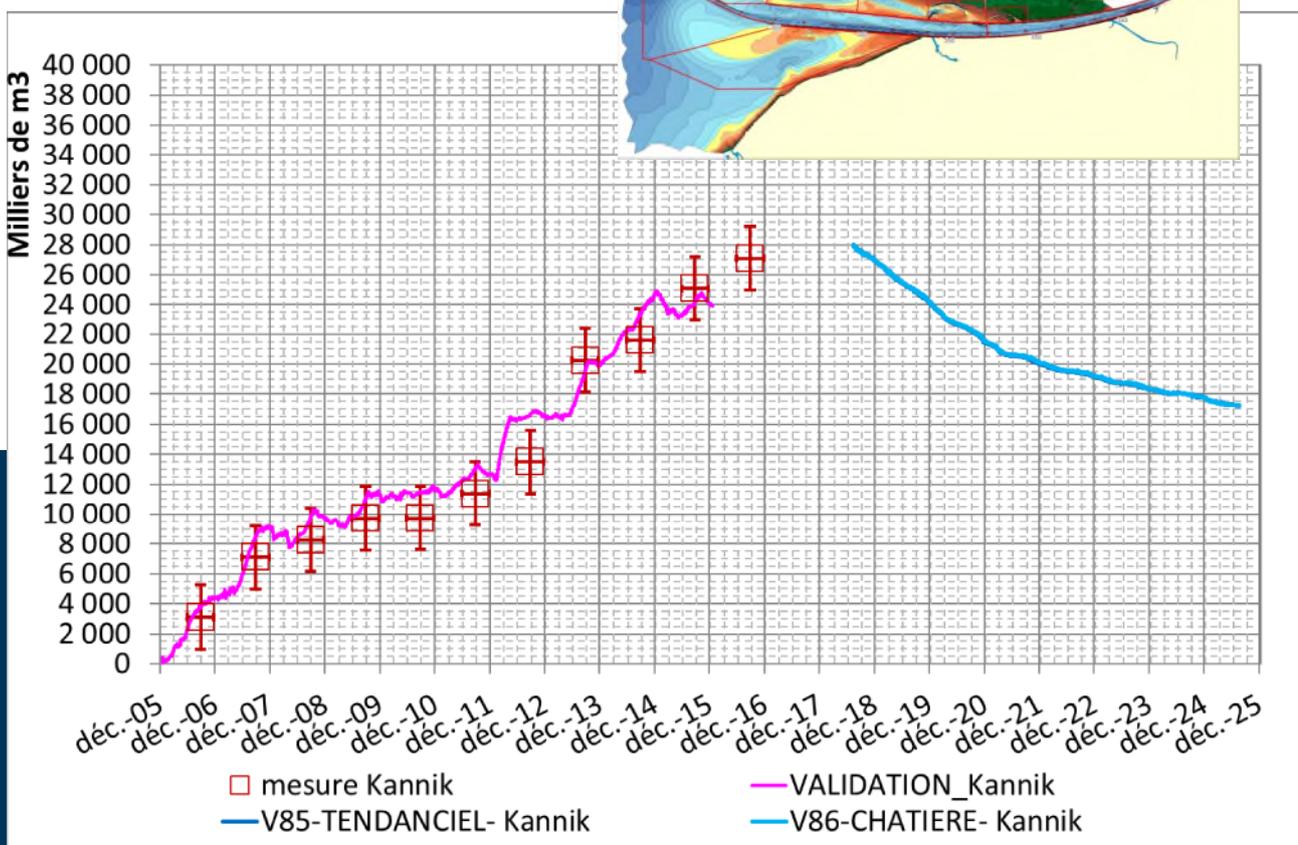
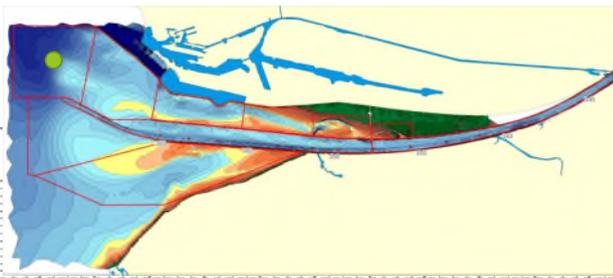
ANNEXE 1

CUBATURES ET CHAMPS DE COURANT

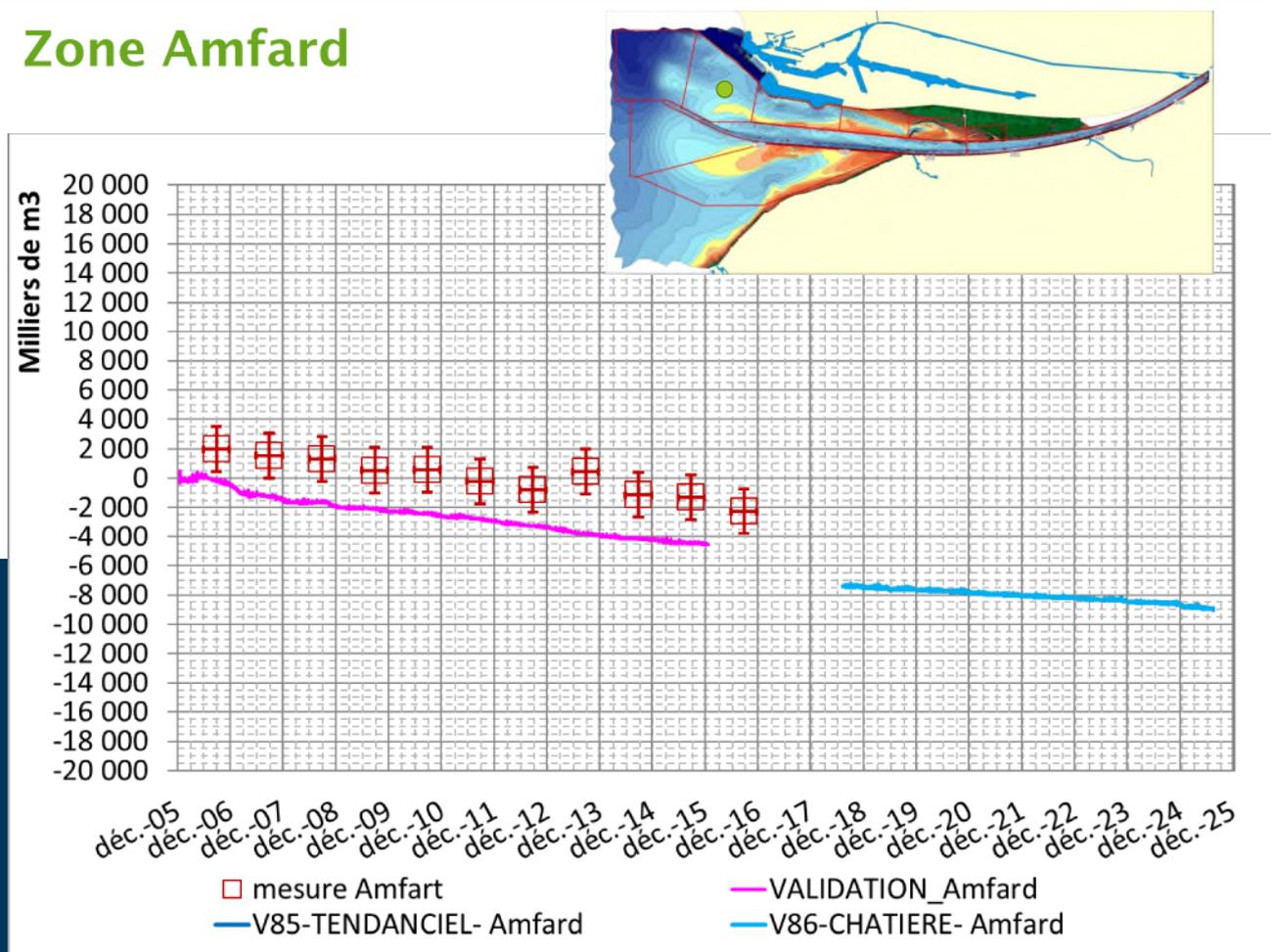
ZONE Sud totale



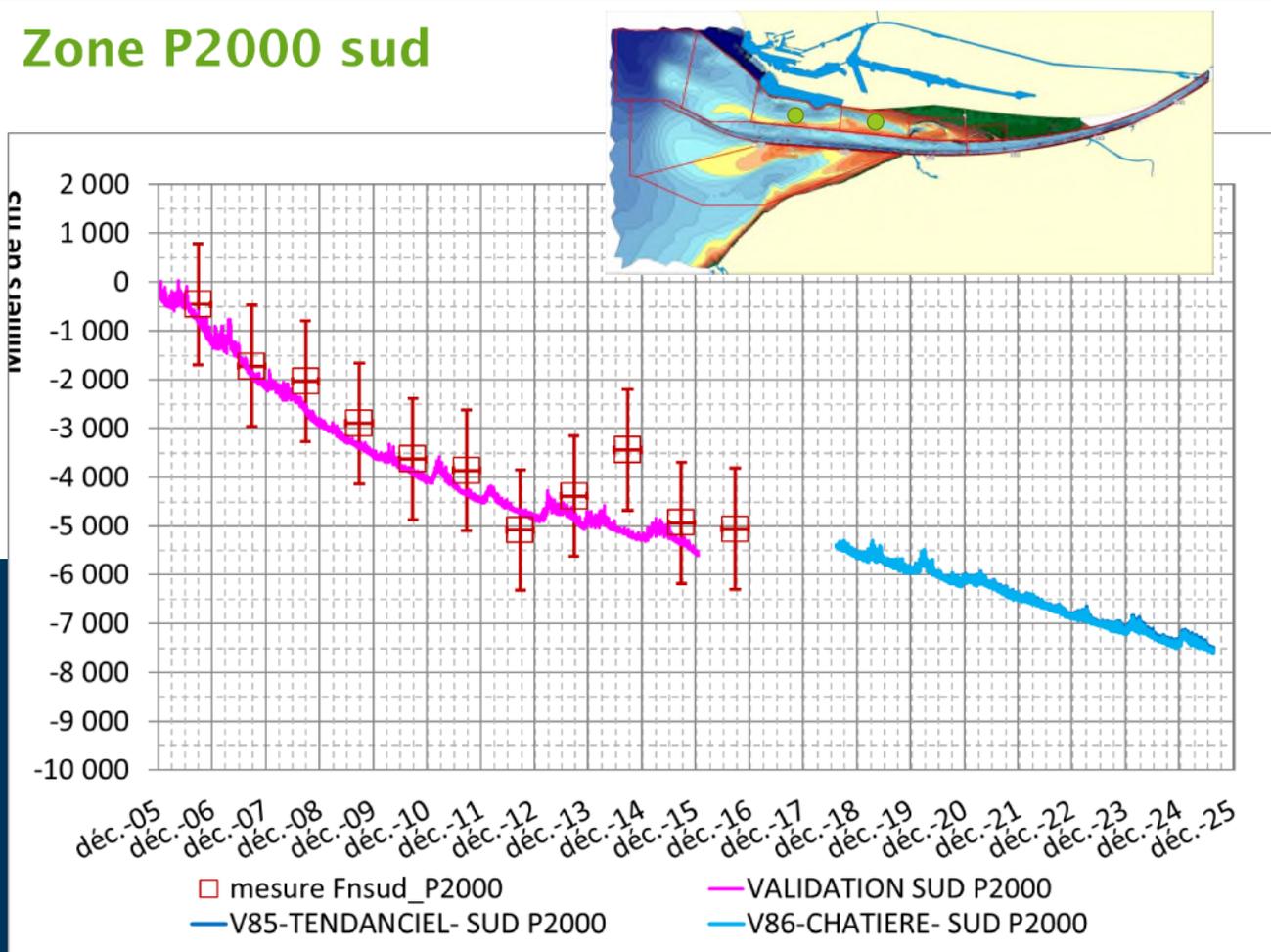
Zone Kannik



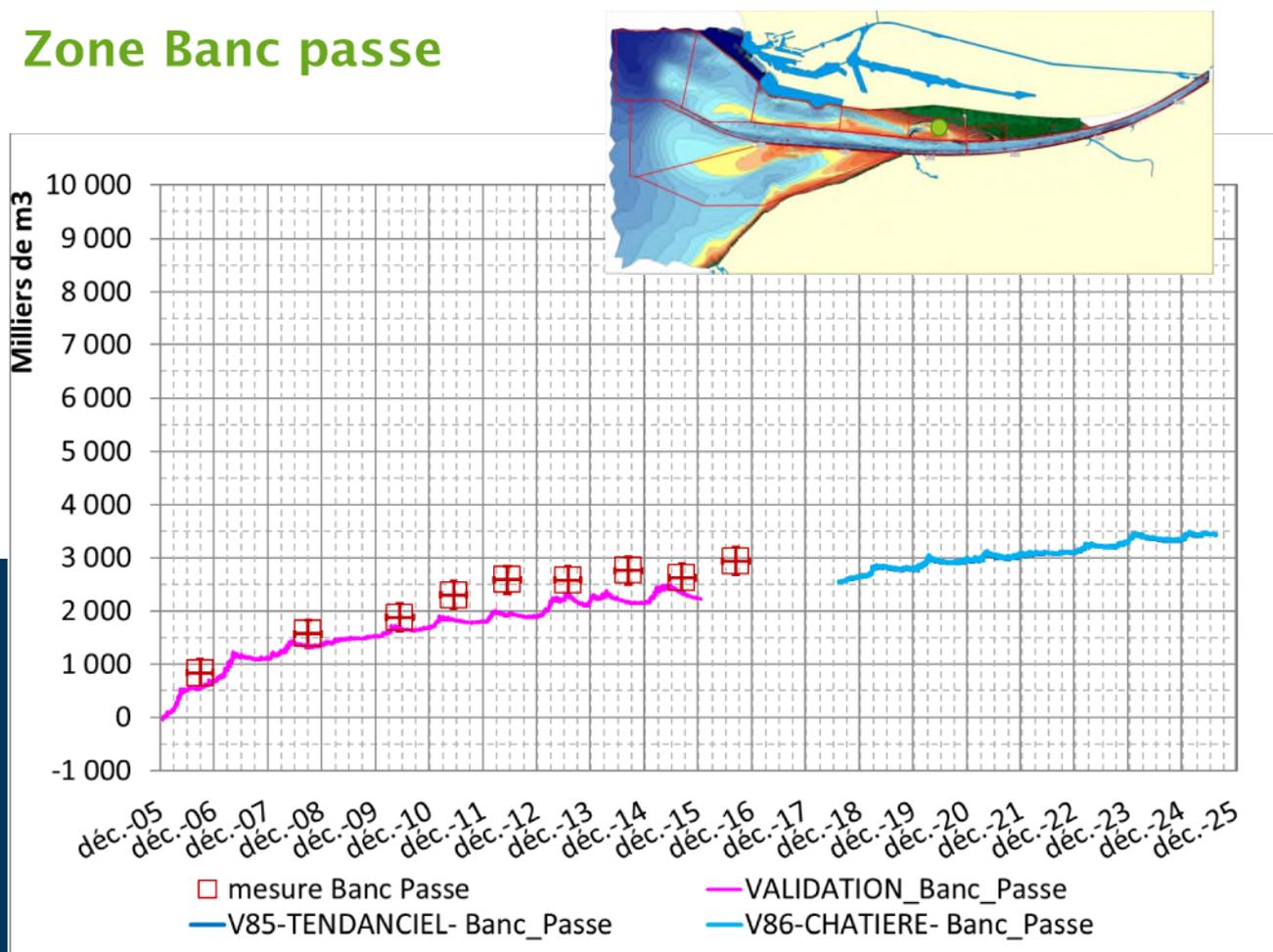
Zone Amfard



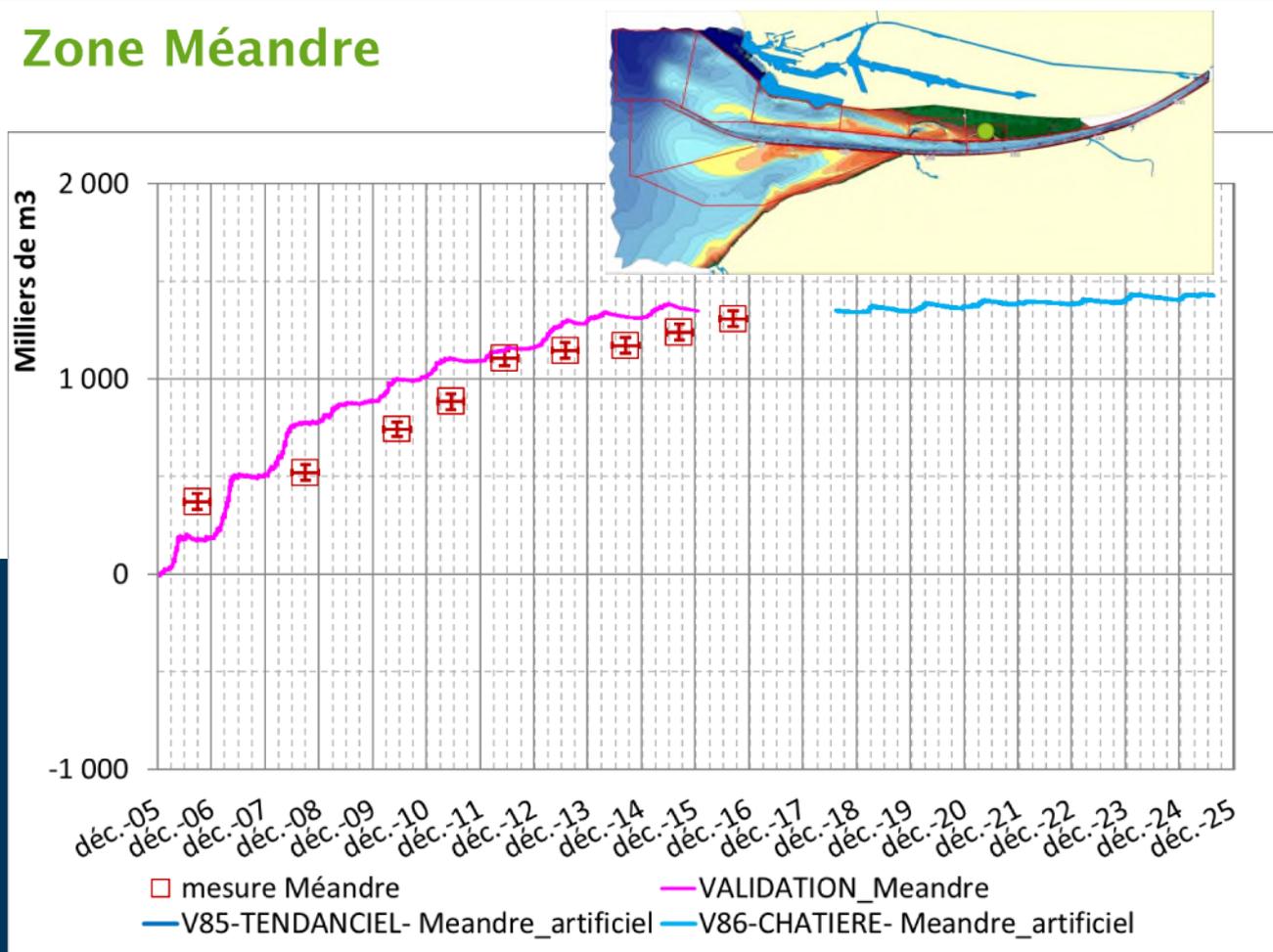
Zone P2000 sud



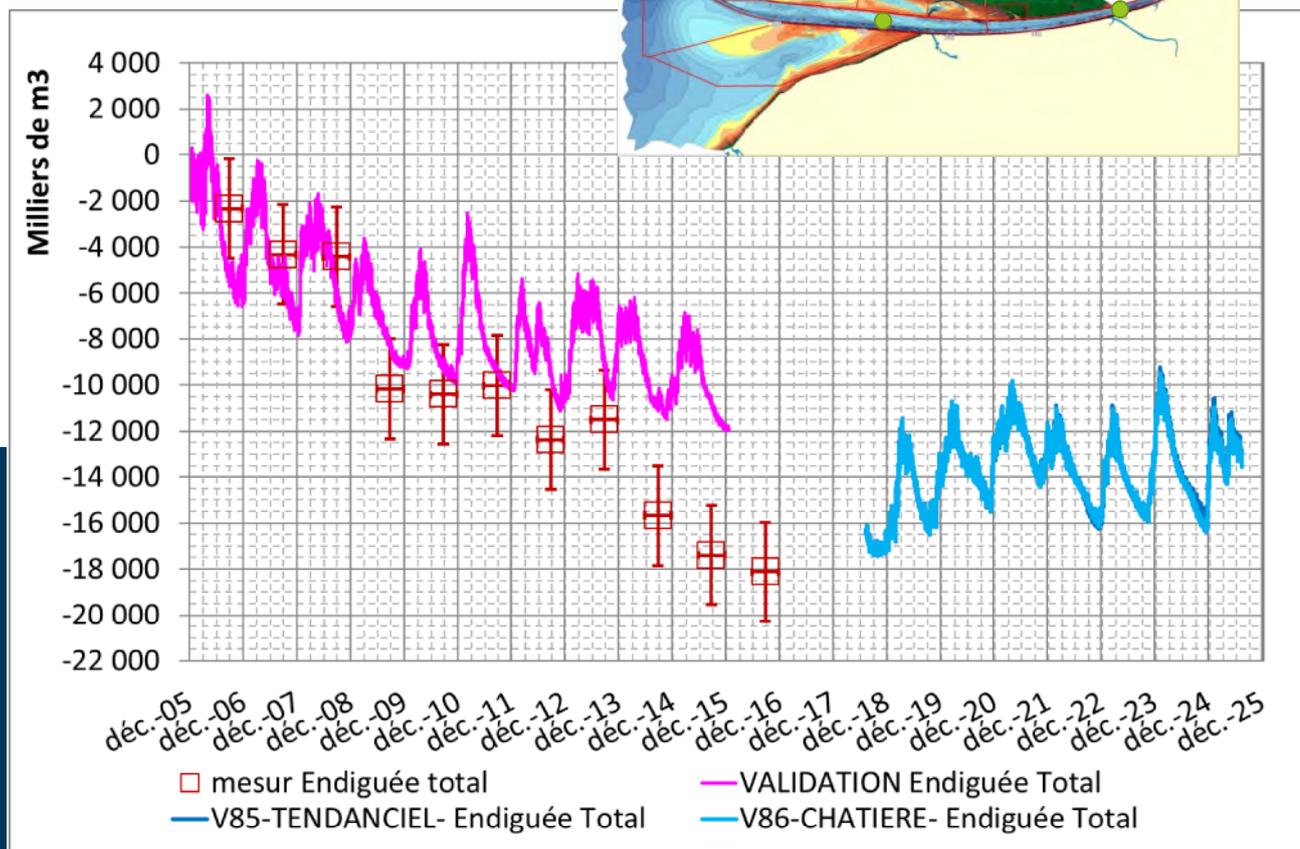
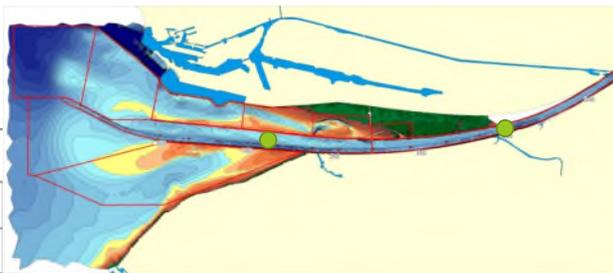
Zone Banc passe



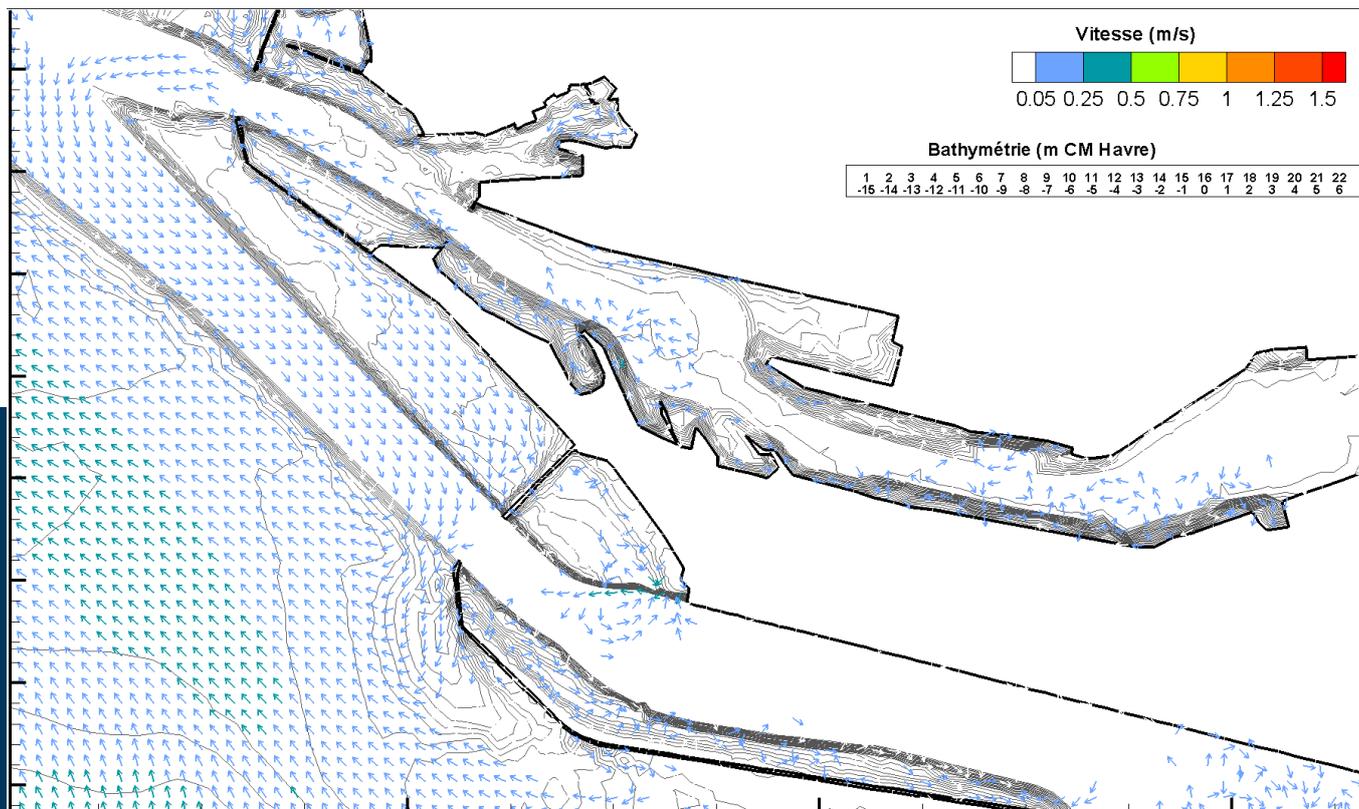
Zone Méandre



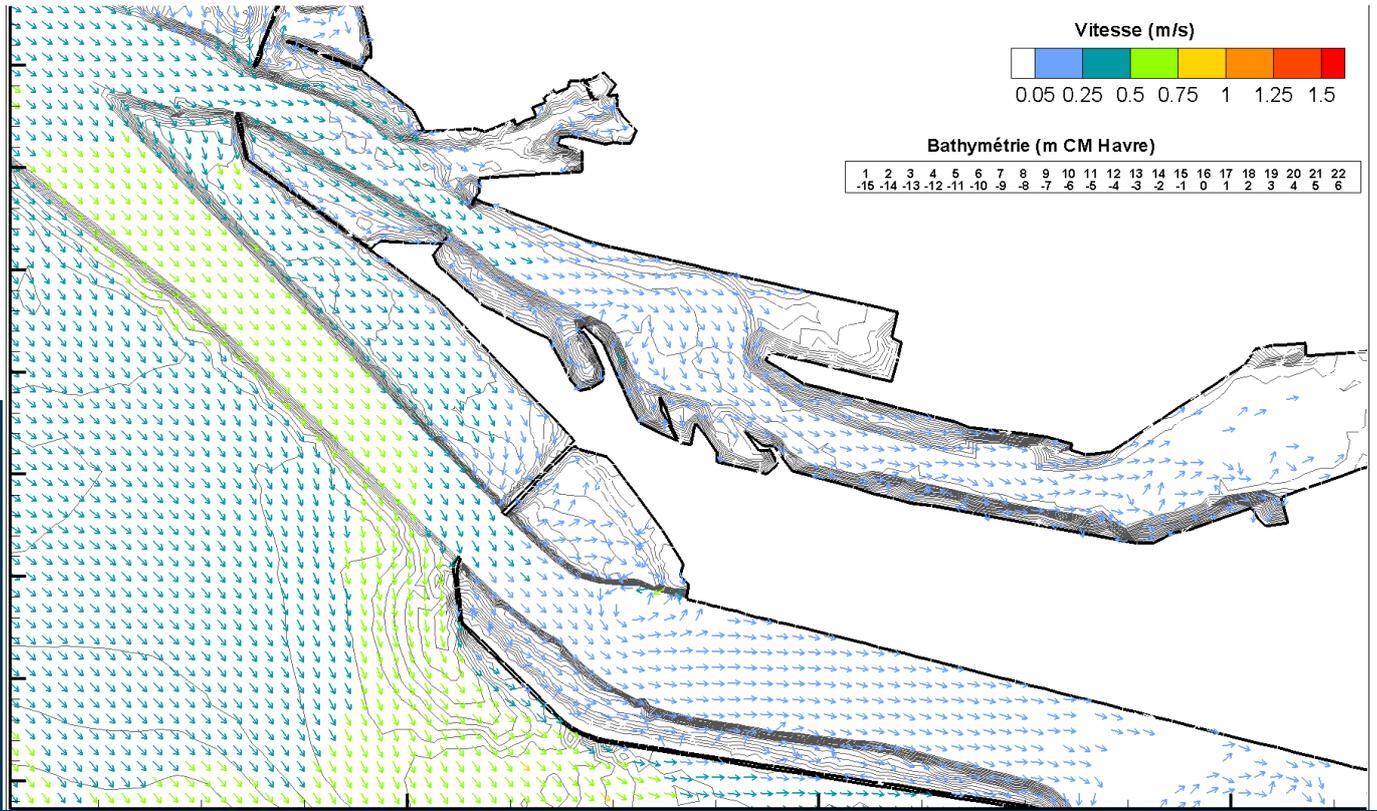
Zone seine endiguée



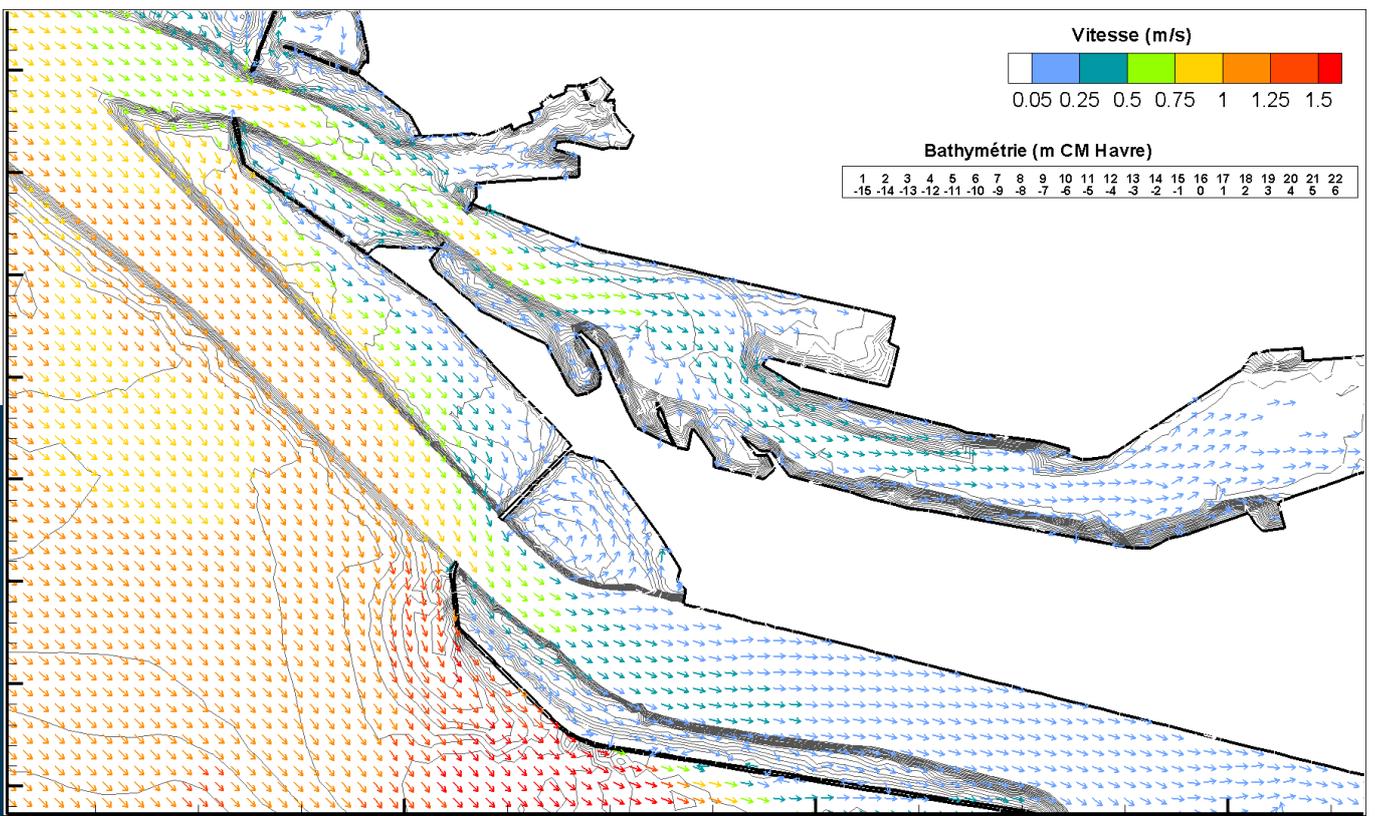
Tendanciel: BM +0h



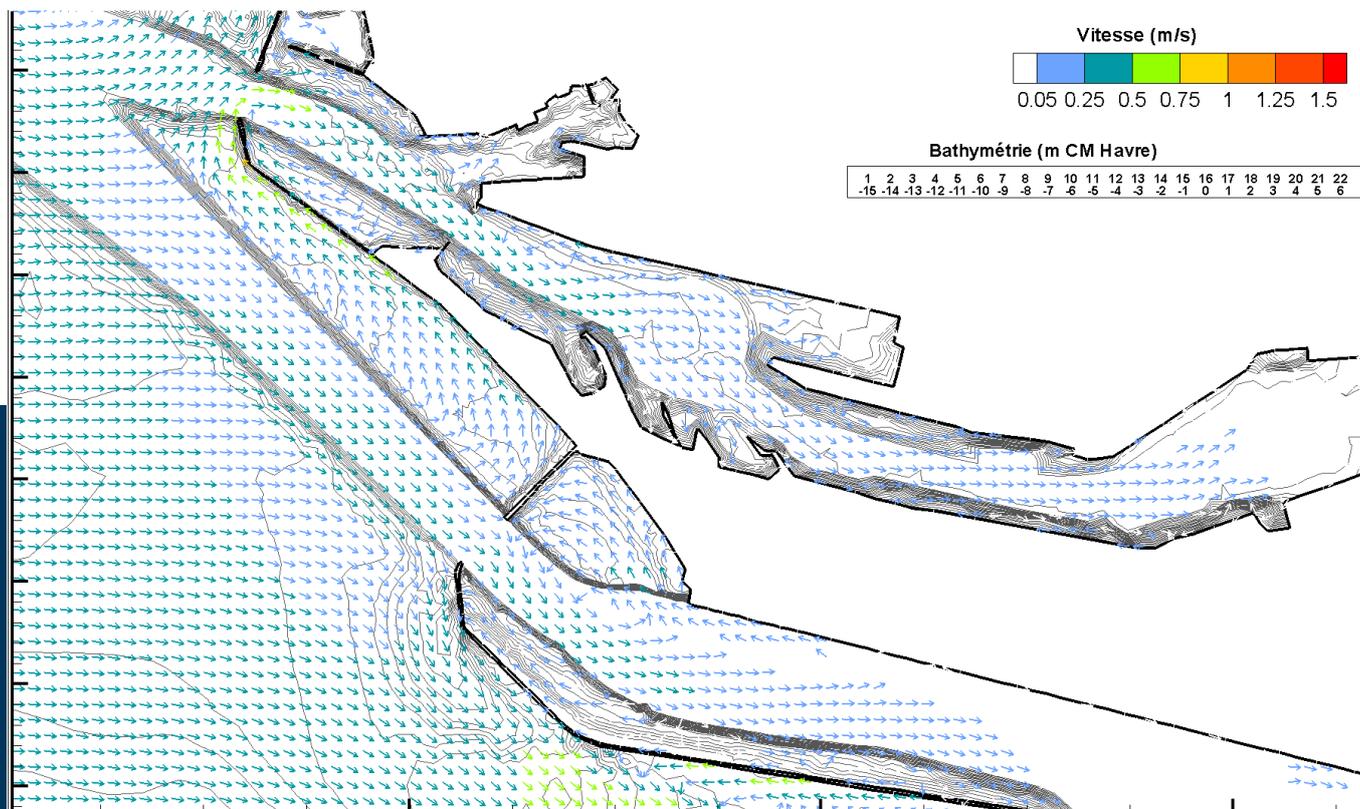
Tendanciel: BM +1h



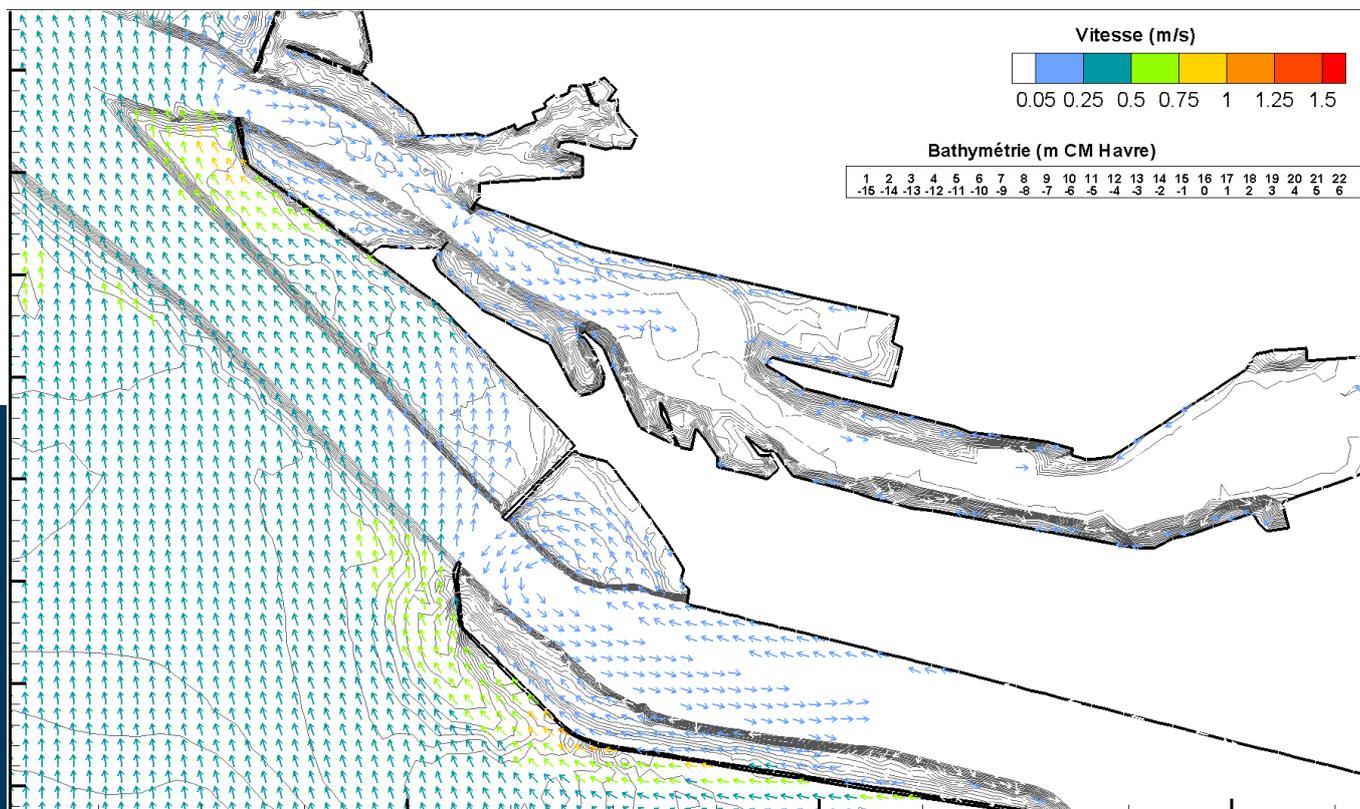
Tendanciel: BM +2h



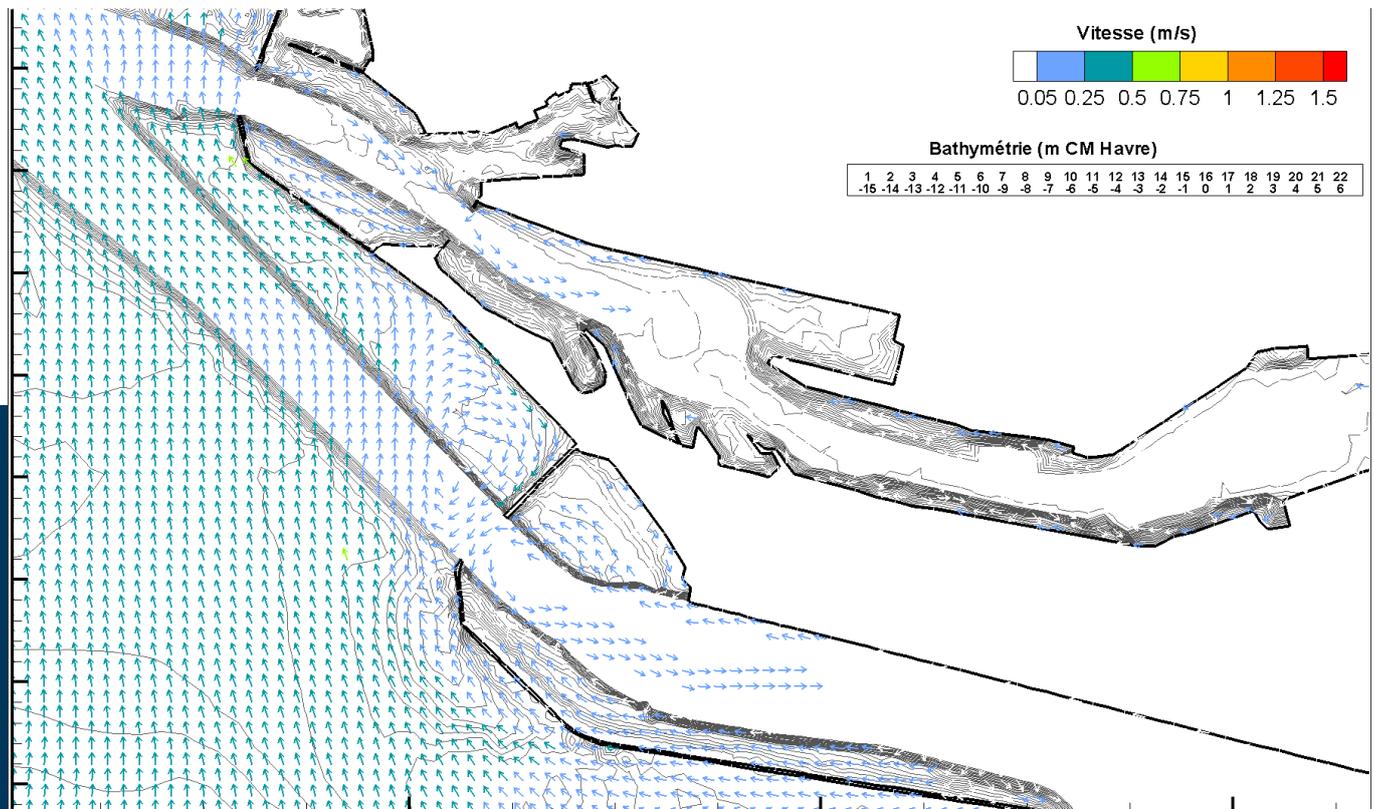
Tendanciel: BM +3h



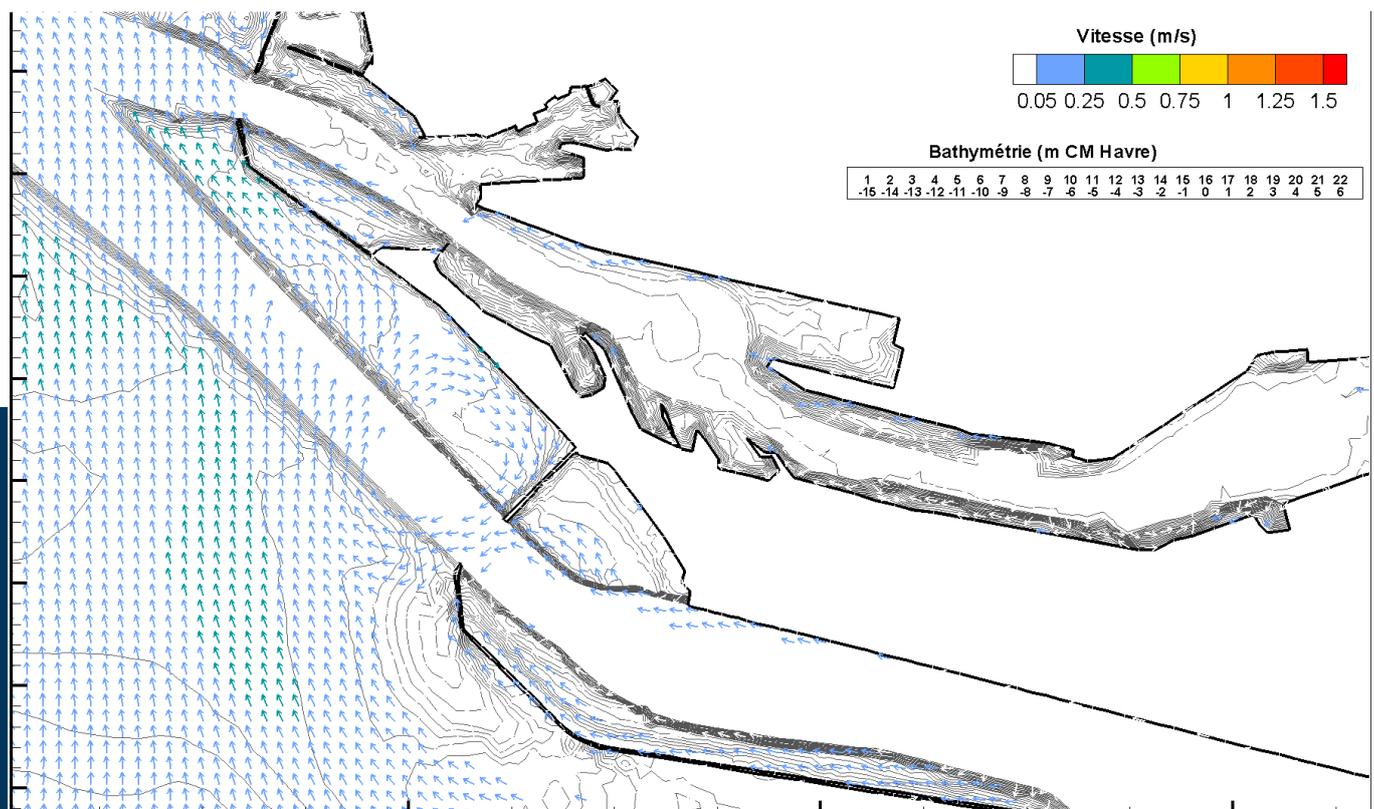
Tendanciel: BM +4h



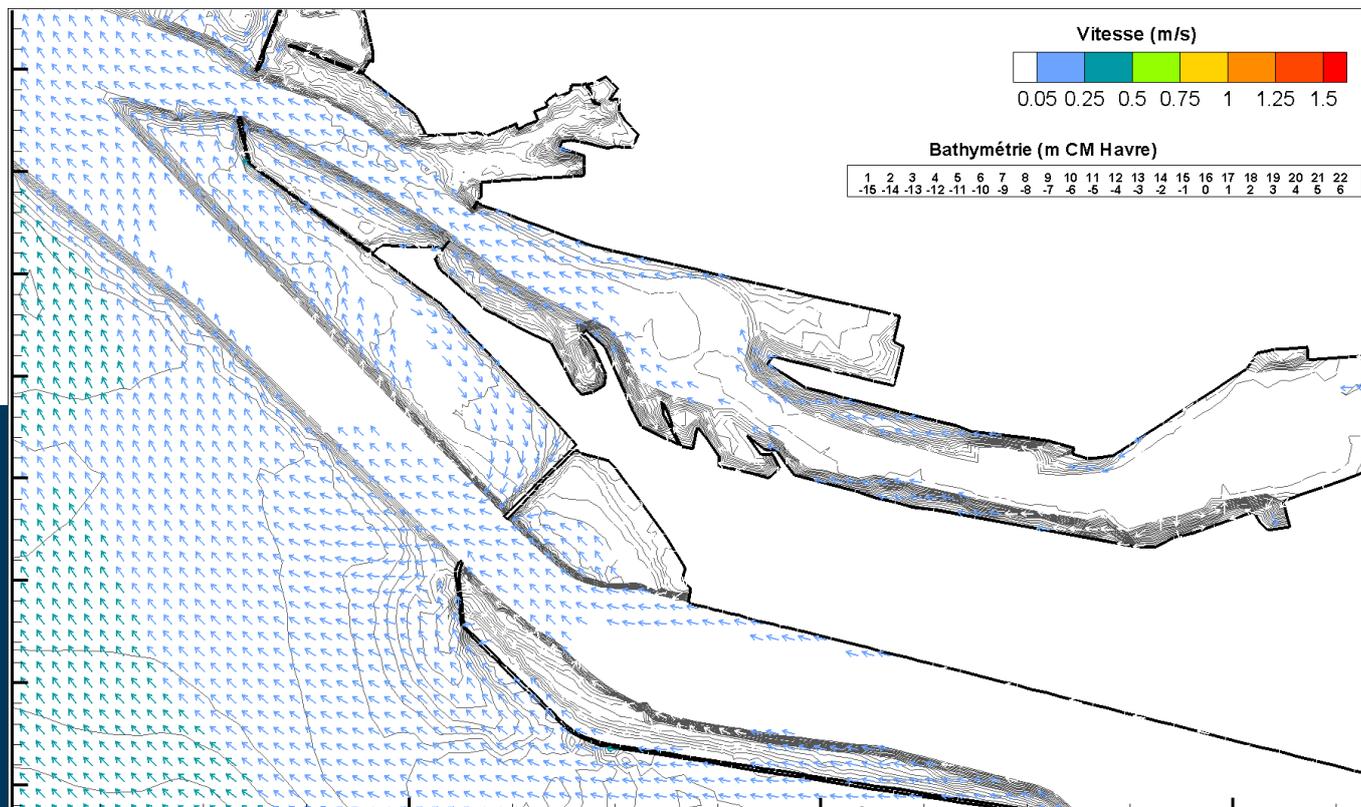
Tendancier: BM +5h



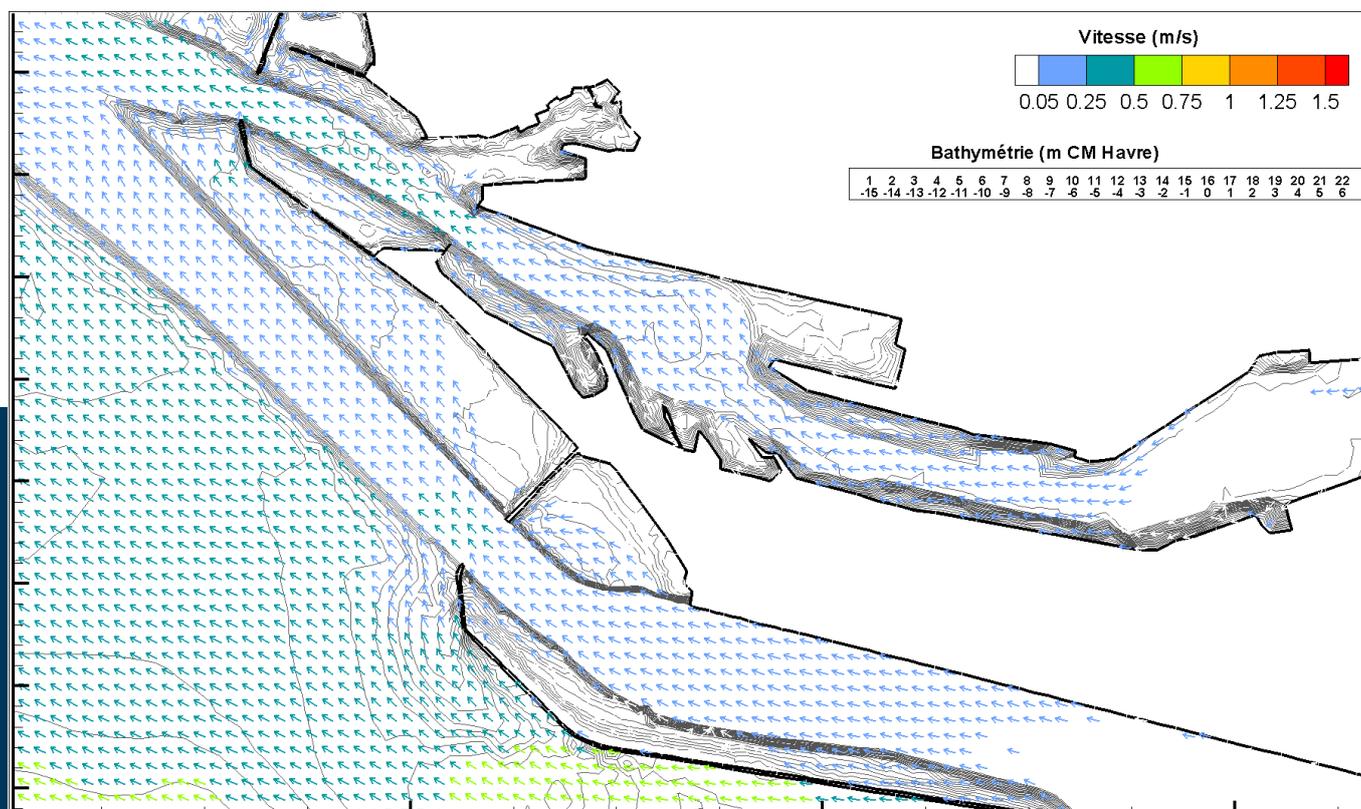
Tendancier: BM +6h



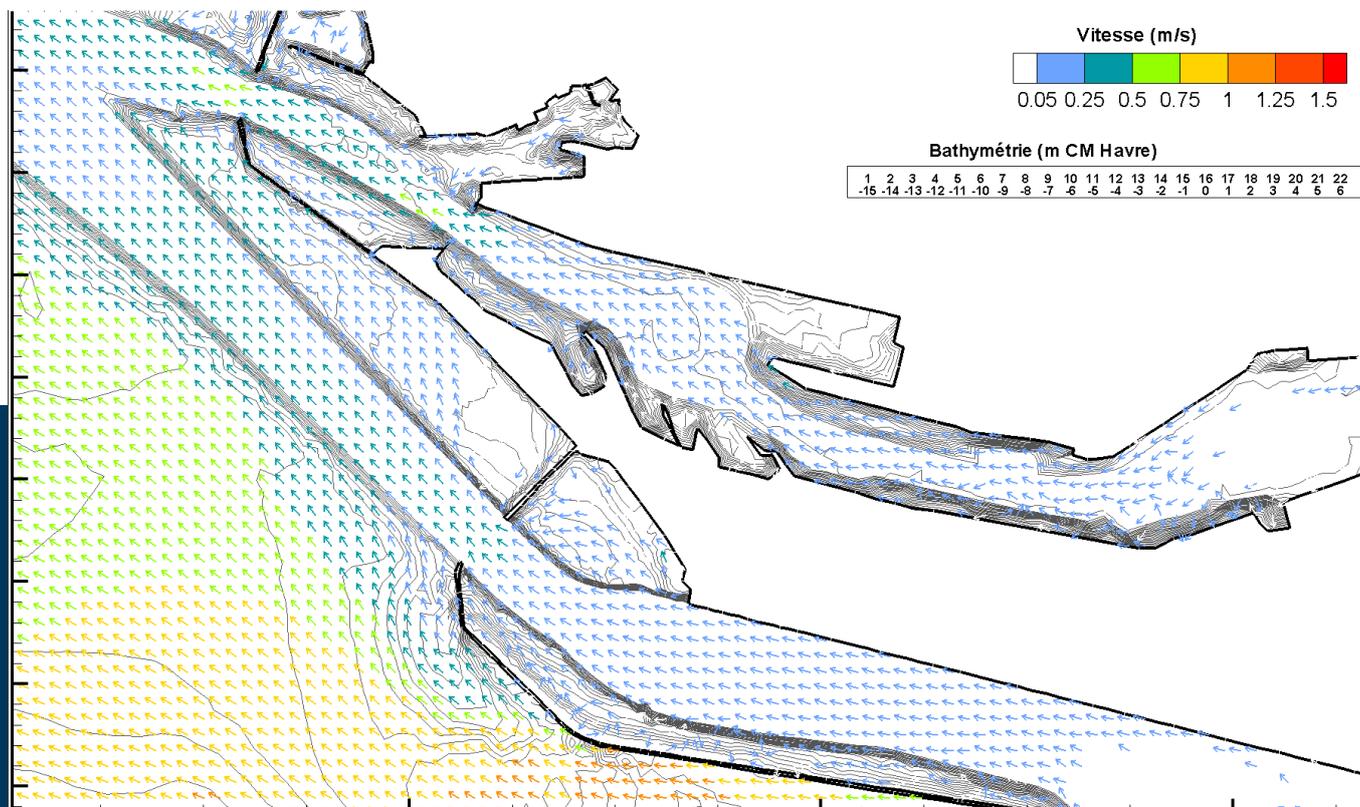
Tendanciel: BM +7h



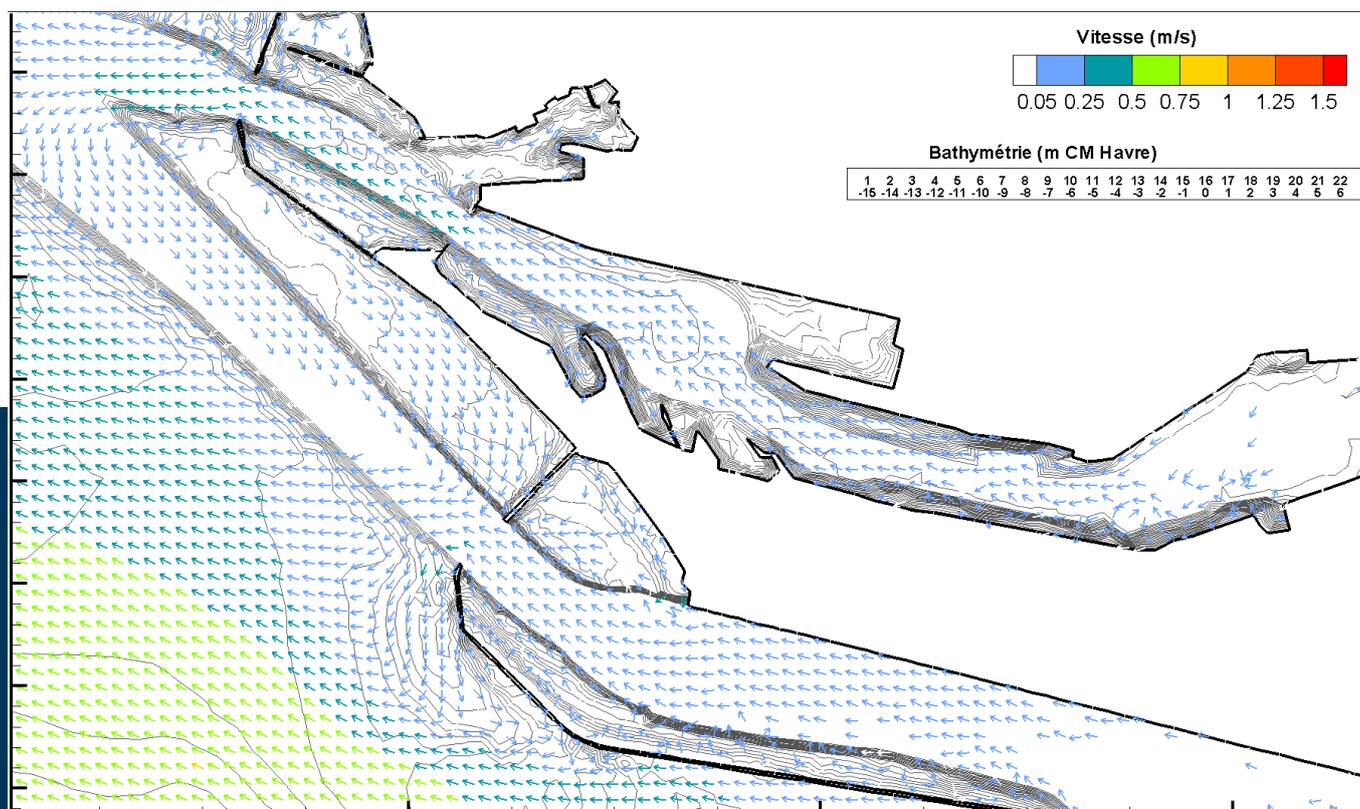
Tendanciel: BM +8h



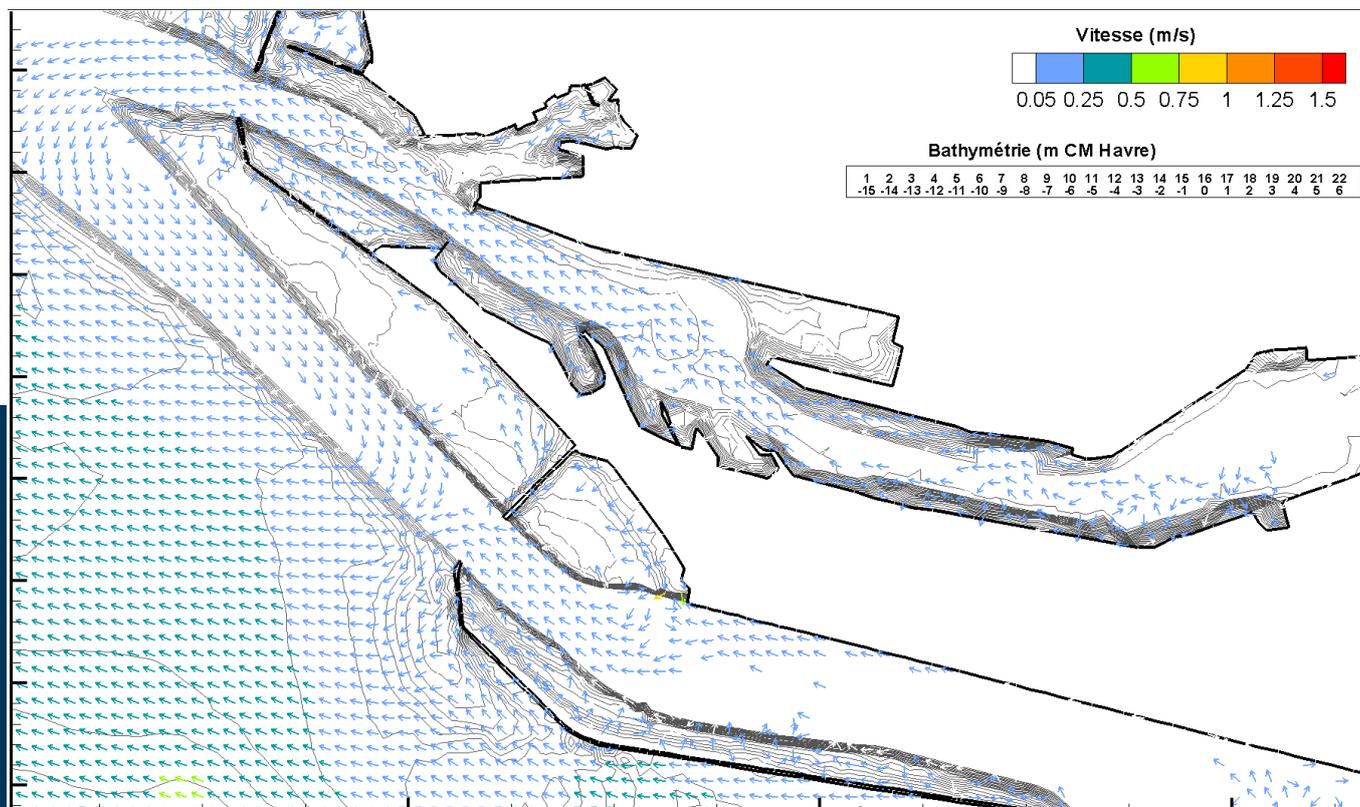
Tendancier: BM +9h



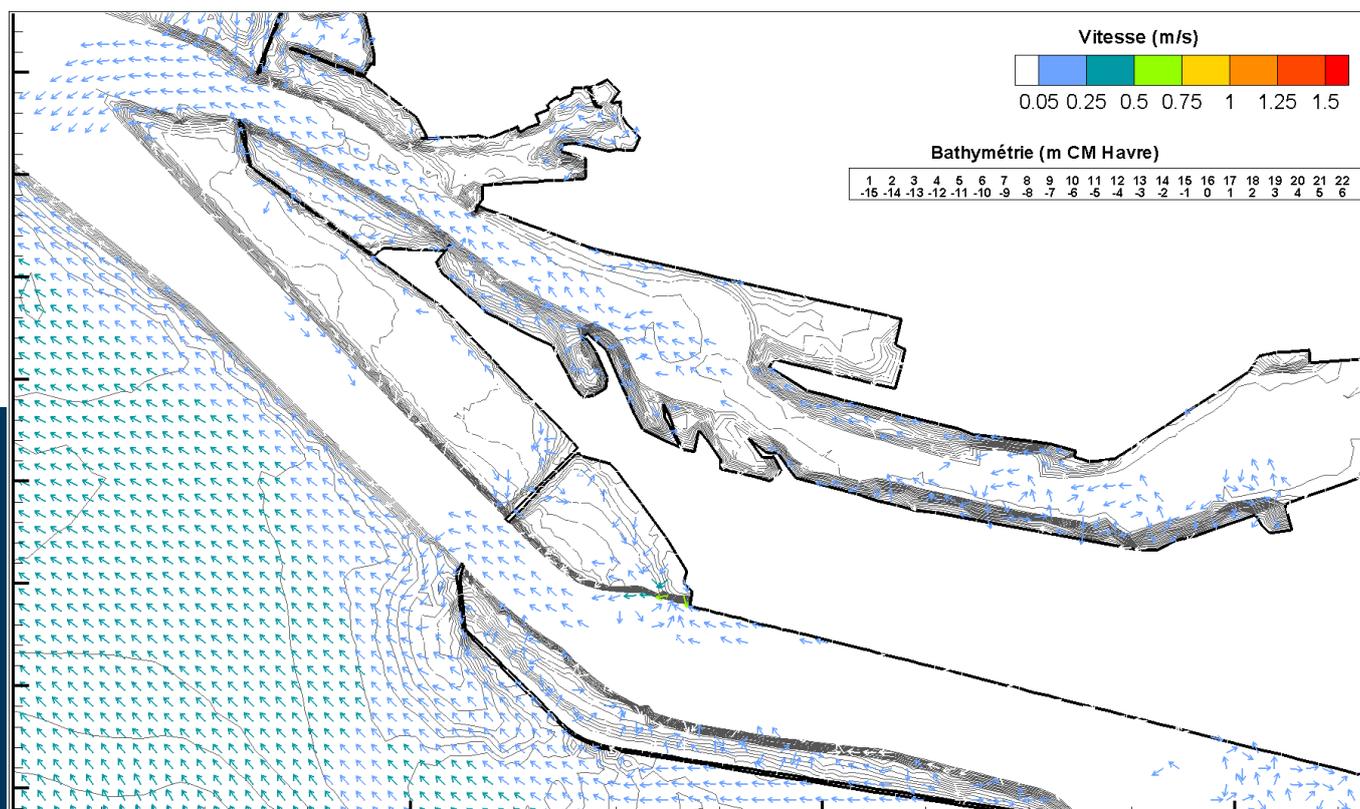
Tendancier: BM +10h



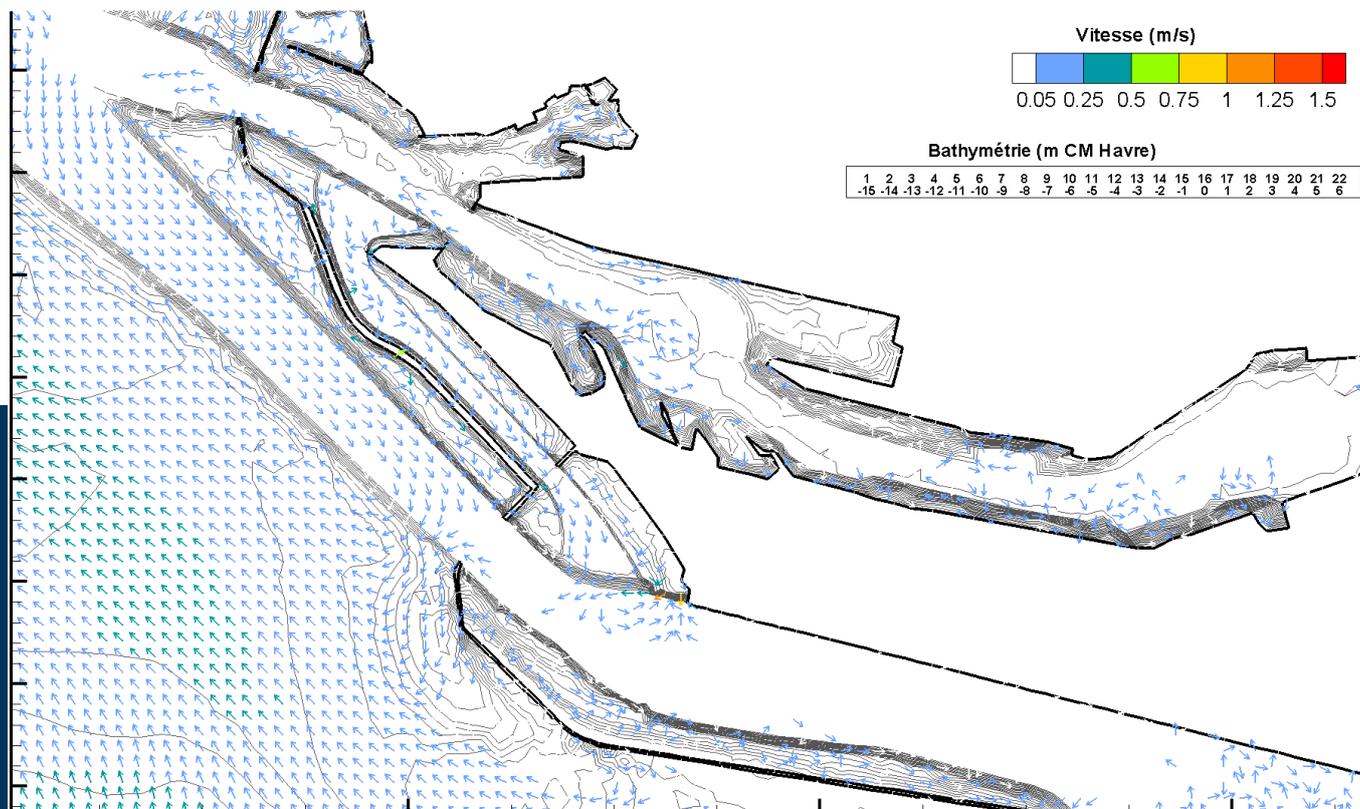
Tendancier: BM +11h



Tendancier: BM +12h

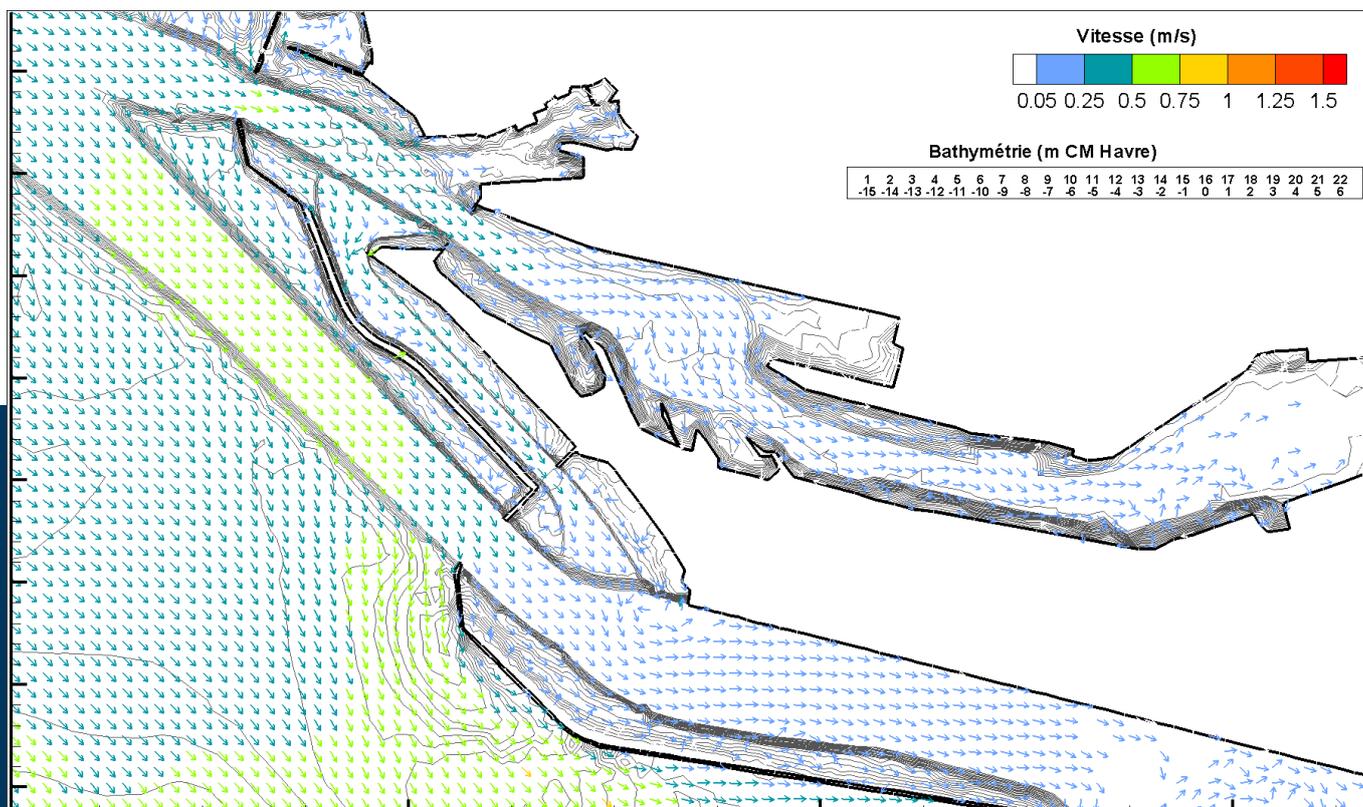


Projet: BM +0h



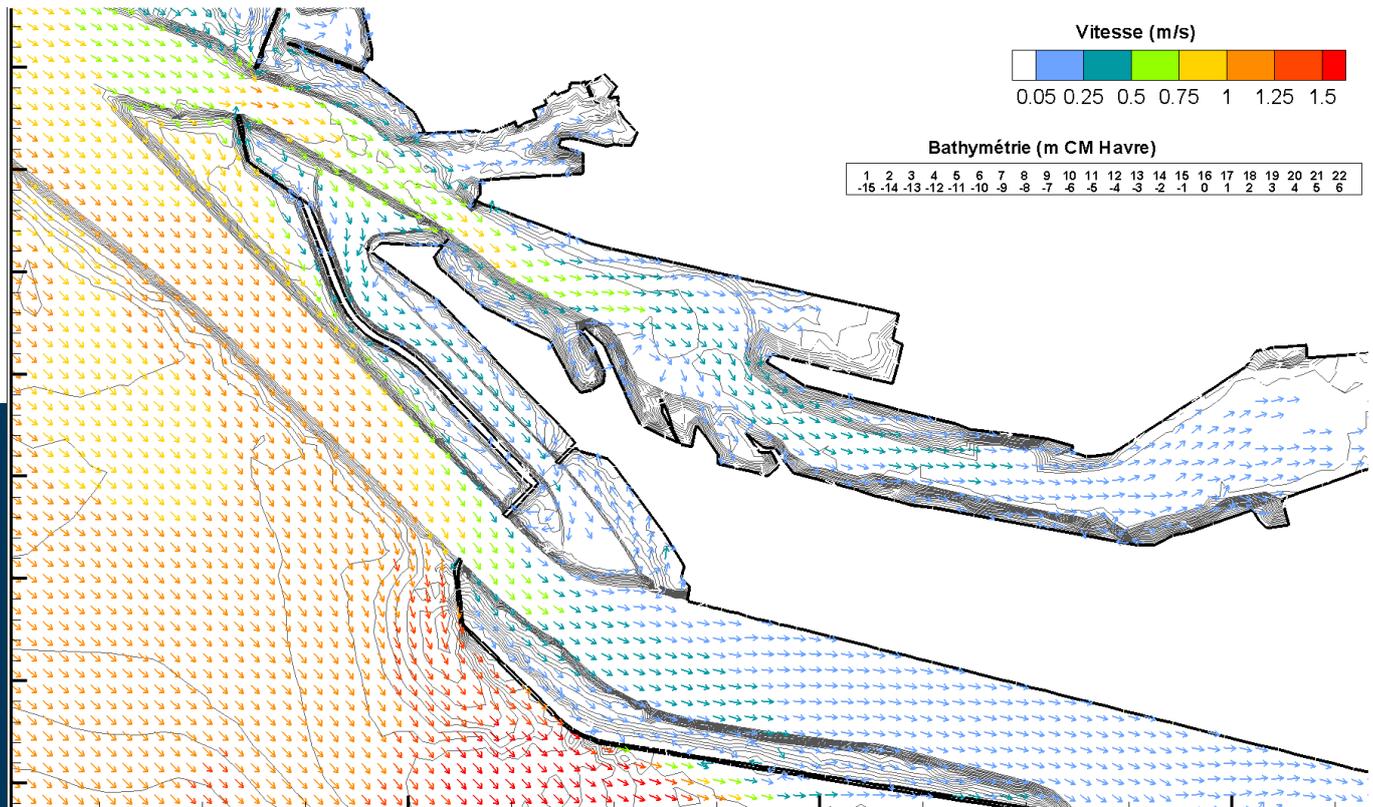
04/03/2020 ARTELIA 21

Projet : BM +1h

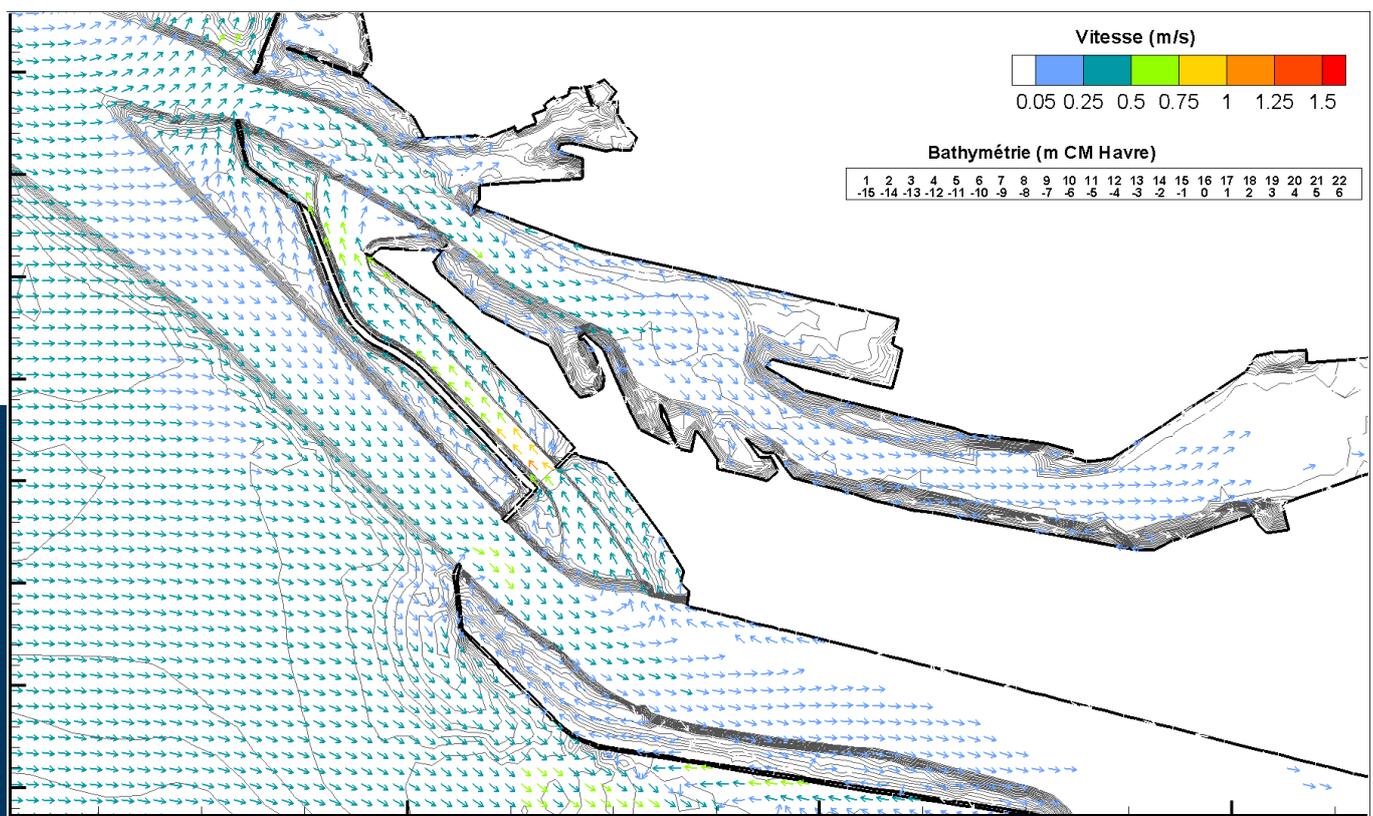


04/03/2020 ARTELIA 22

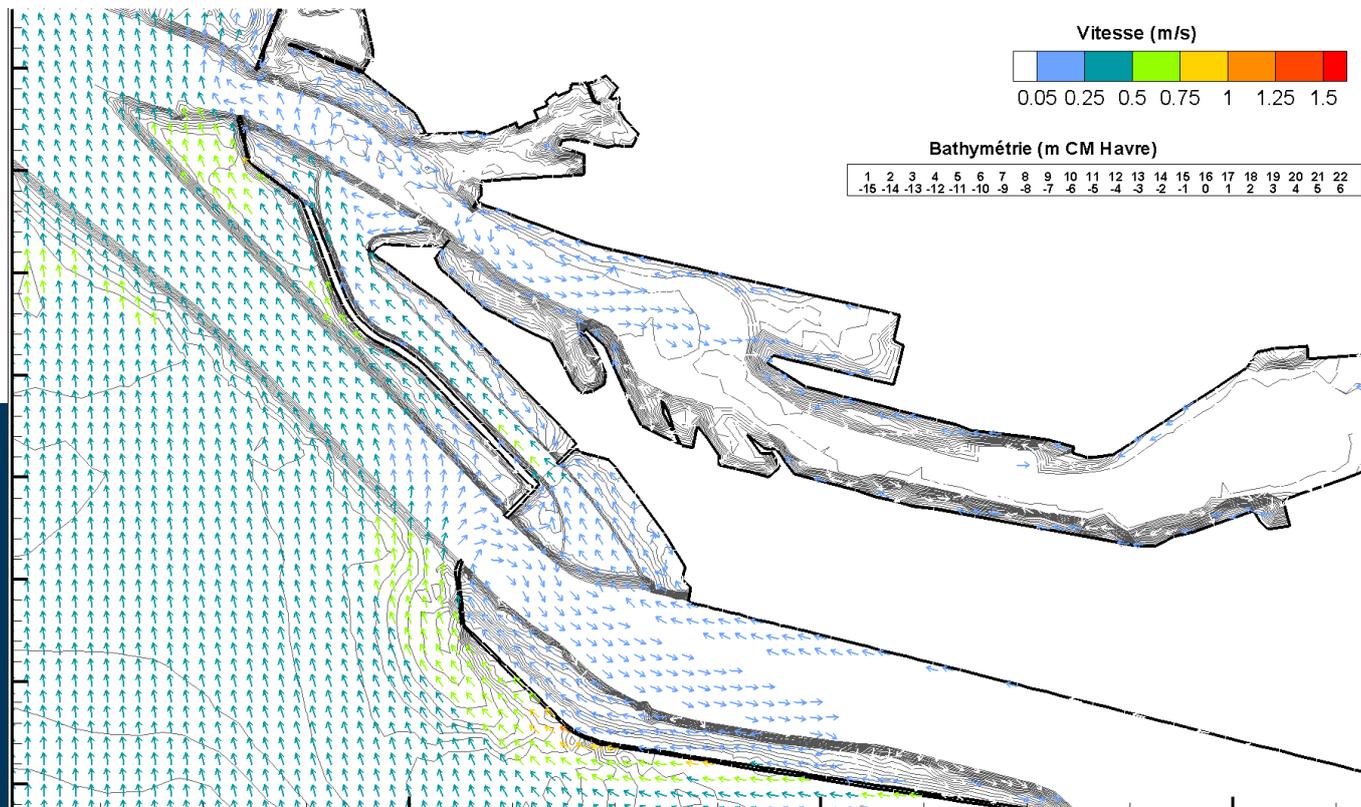
Projet : BM +2h



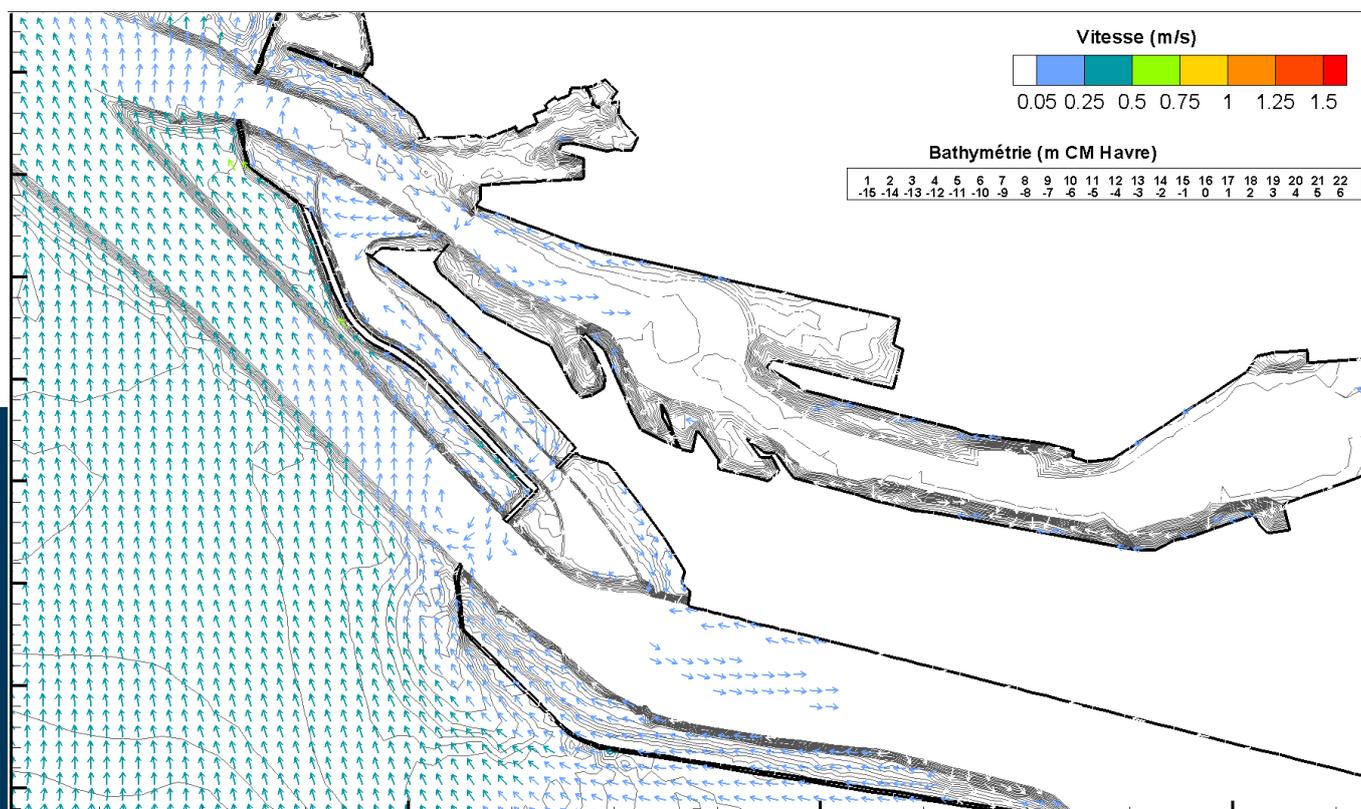
Projet : BM +3h



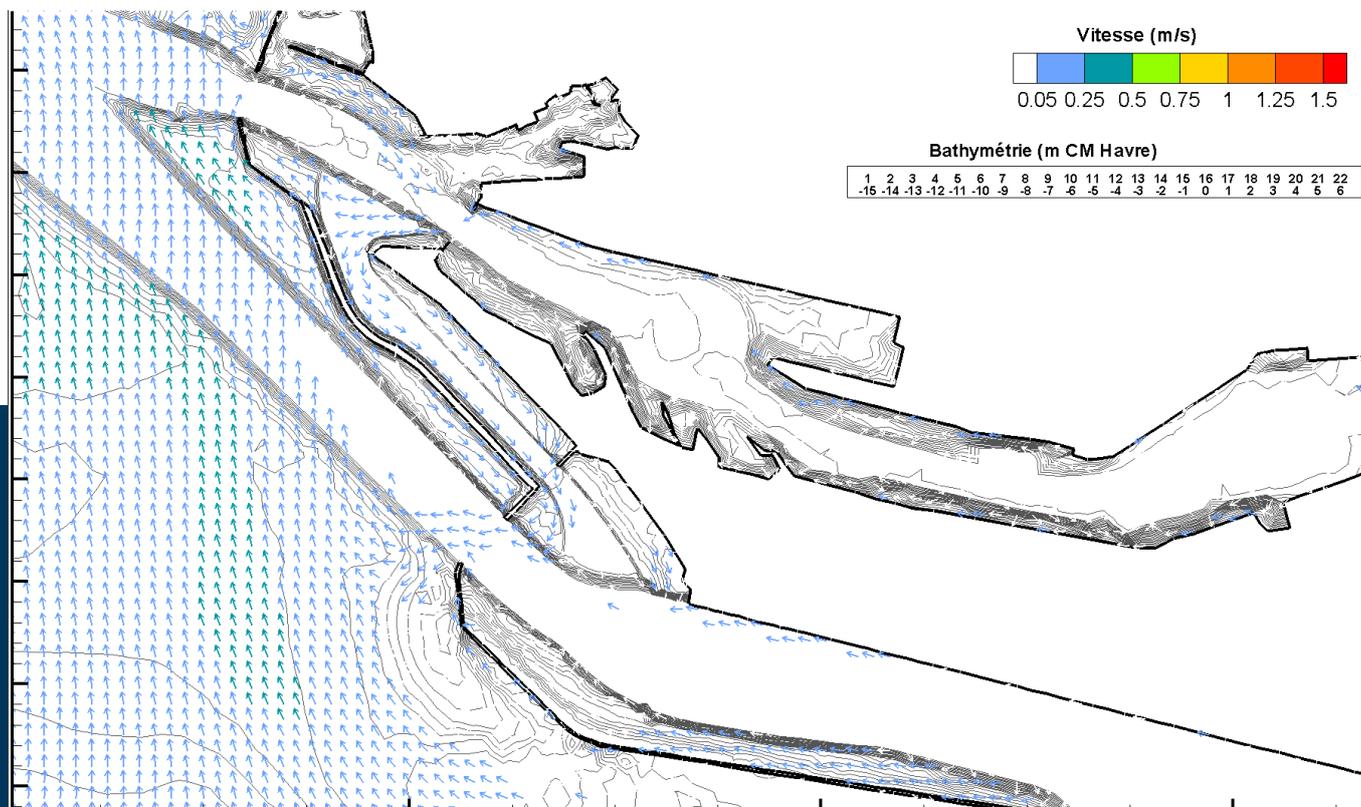
Projet : BM +4h



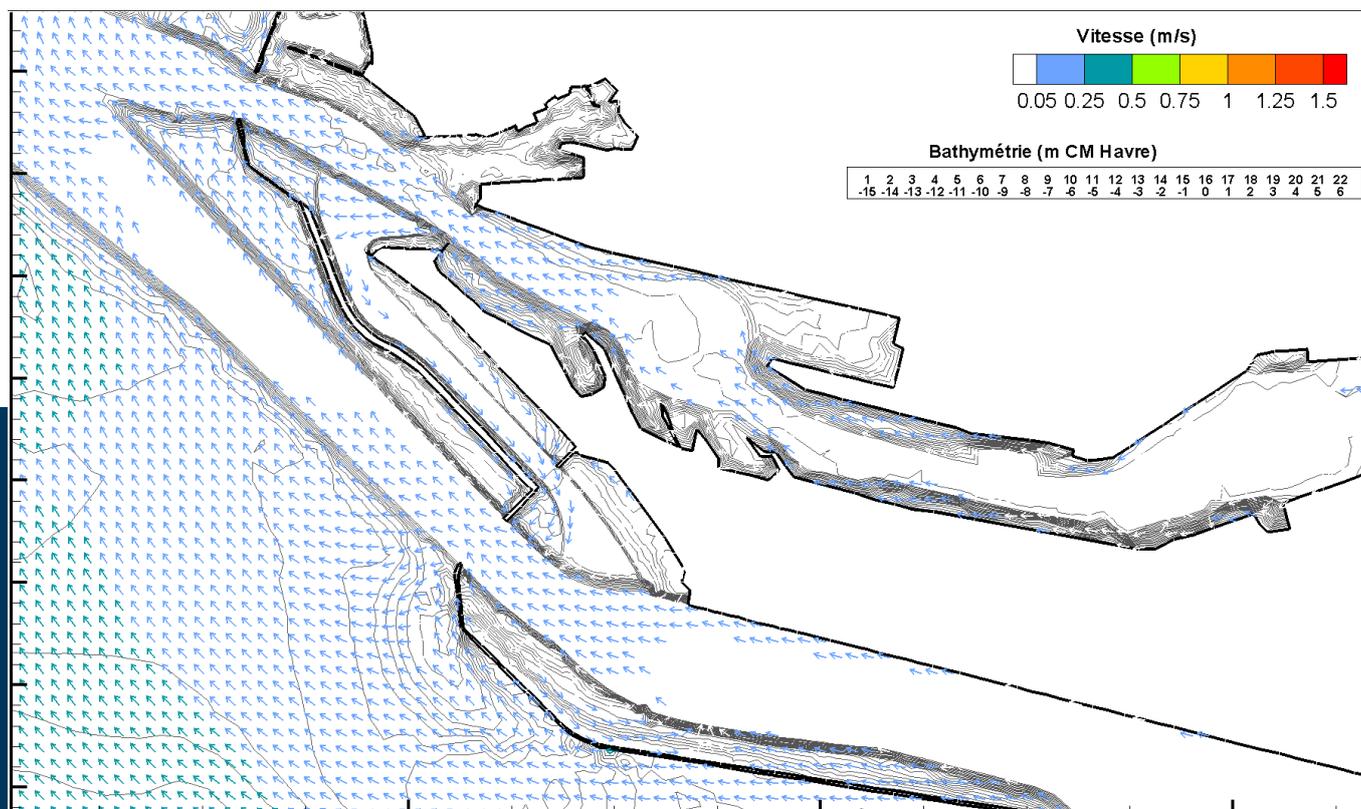
Projet : BM +5h



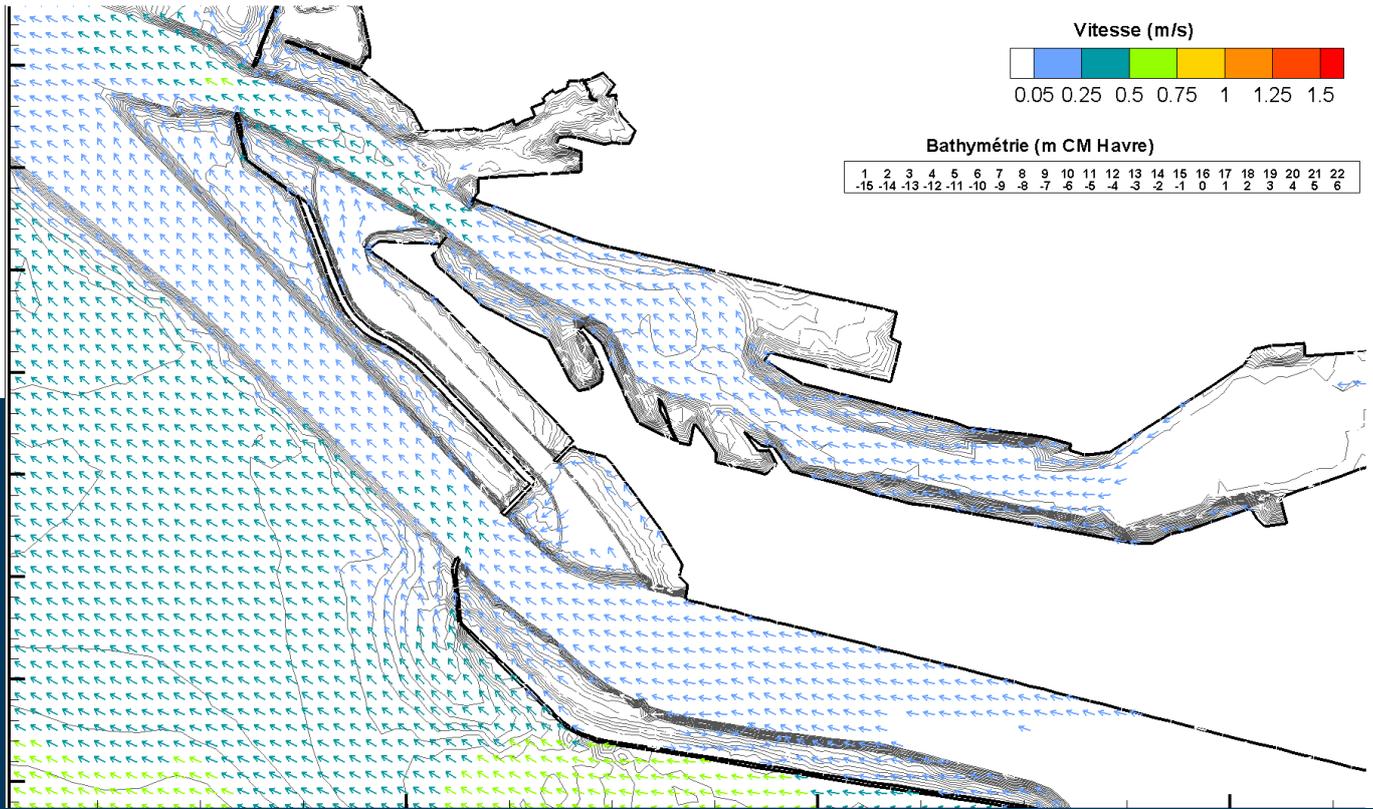
Projet : BM +6h



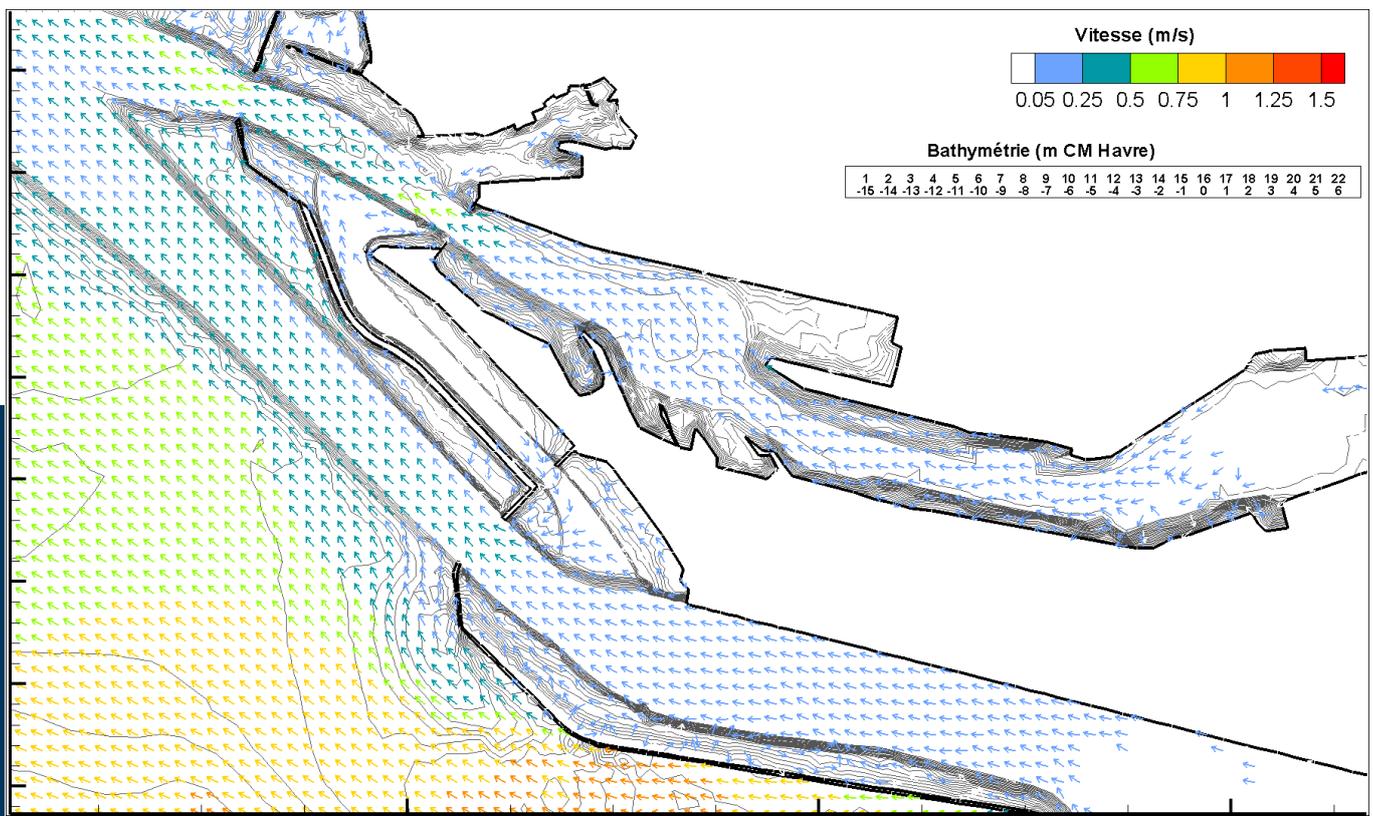
Projet : BM +7h



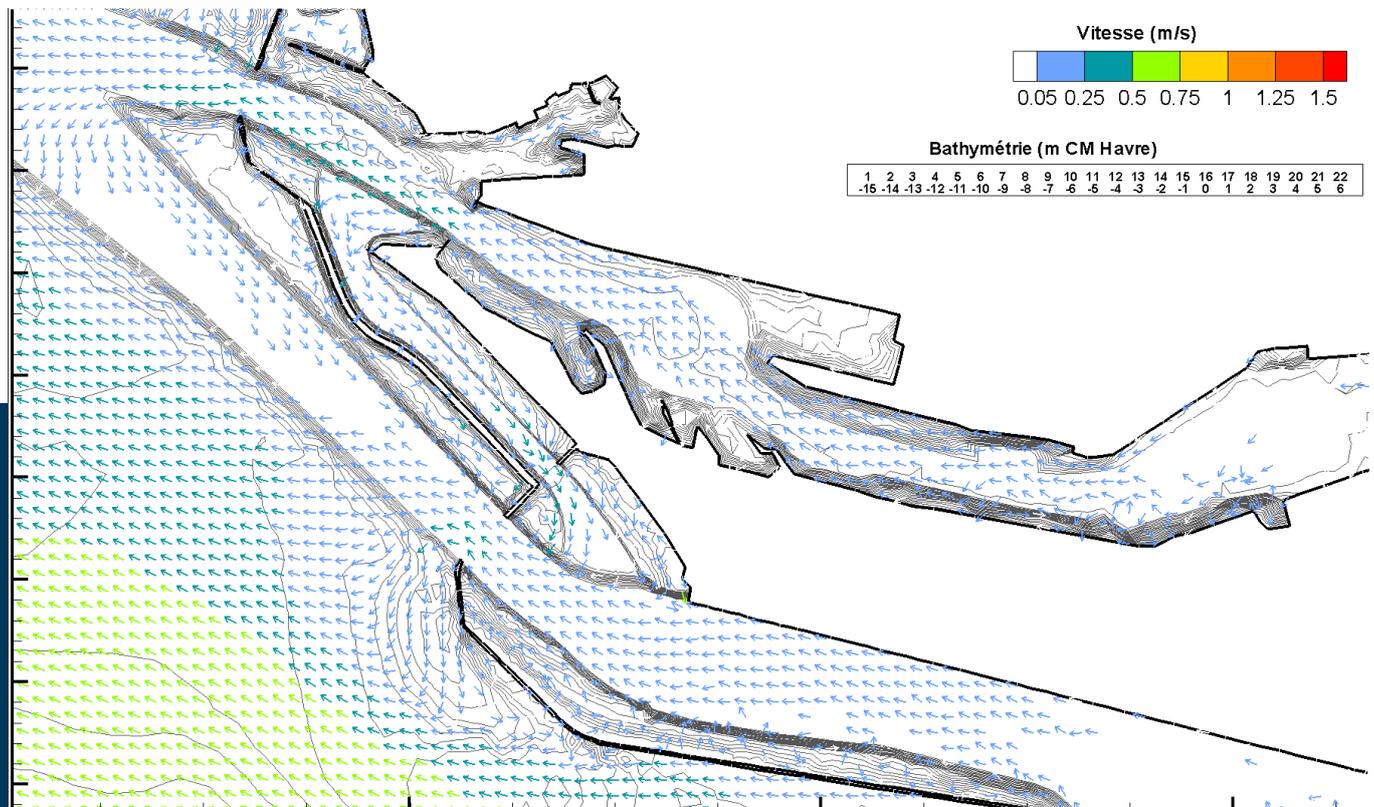
Projet : BM +8h



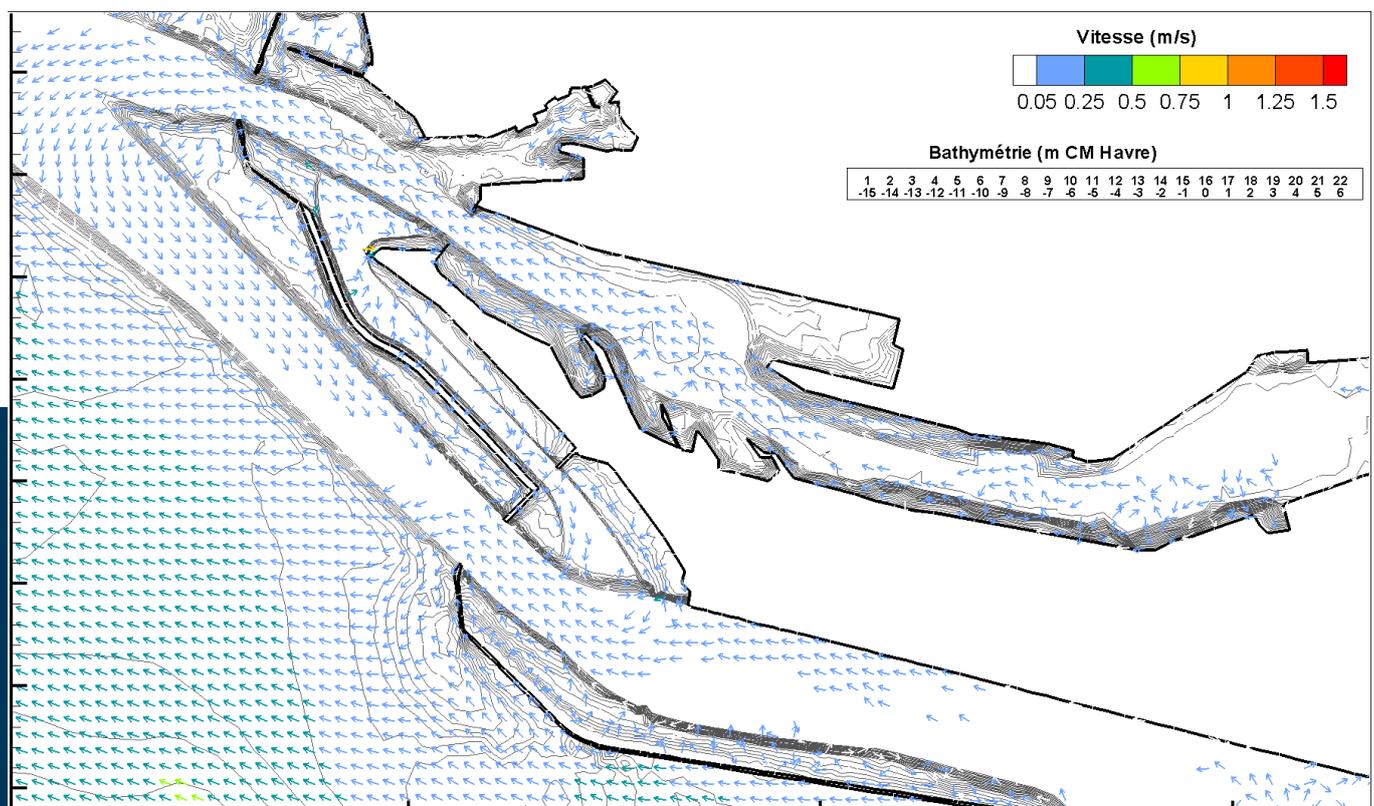
Projet : BM +9h



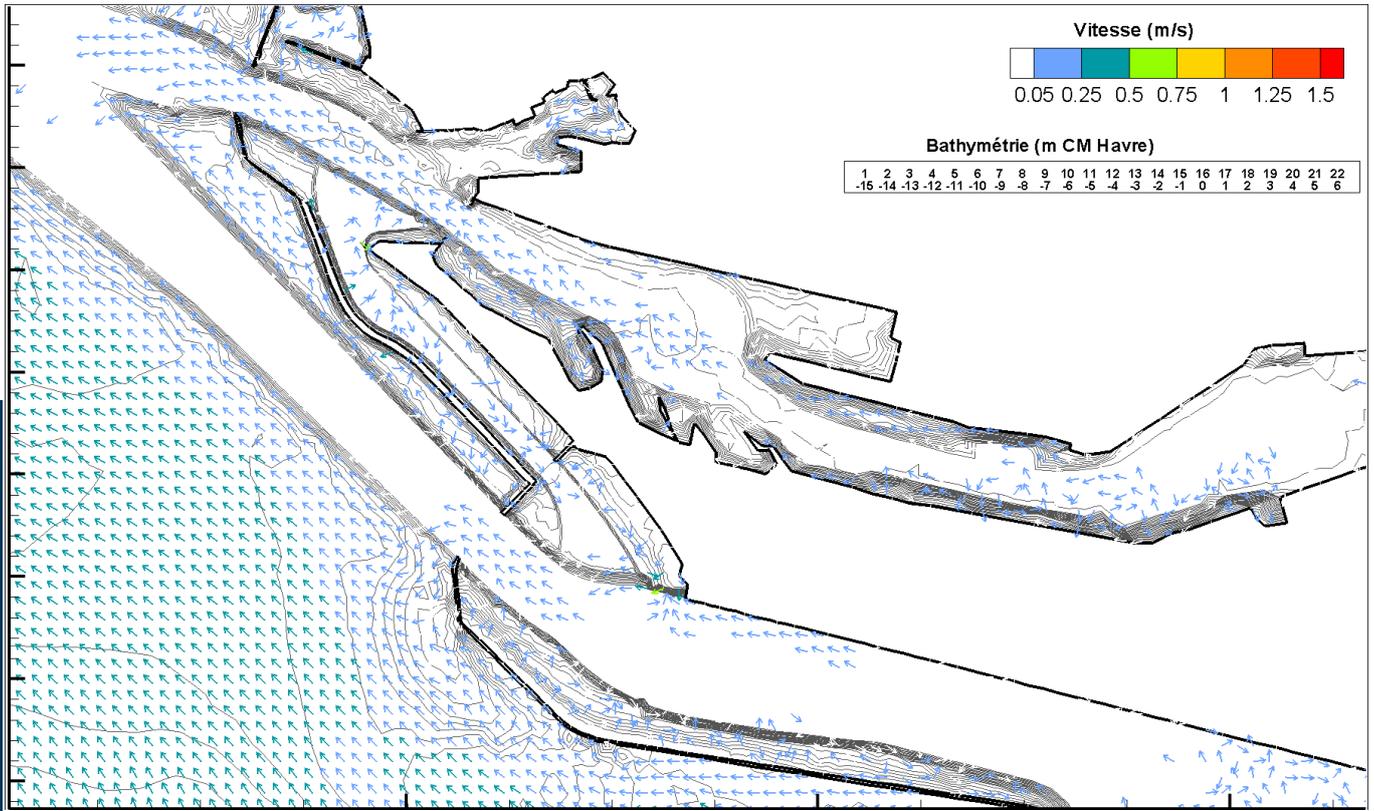
Projet : BM +10h



Projet : BM +11h



Projet : BM +12h



ANNEXE 2

COMPARAISON DES COURANTS AUX ALENTOURS DE LA CHATIERE

1. COMPARAISON DES COURANTS AUX ALENTOURS DE LA CHATIÈRE

1.1. DANS LES CHENAUX

Les figures suivantes présentent les évolutions temporelles de vitesses moyennes et directions sur une marée de coefficient 86 pour les points sondes situés à proximité du chenal de Chatière, dans les 2 situations tendancielle et projet. L'objectif est de vérifier si la création de l'aménagement entraîne des modifications dans les chenaux de navigation existants.

- Les traits pleins correspondent aux calculs de la configuration de référence et les traits pointillés à la configuration projet ;
- Les résultats sont présentés pour une marée de coefficient 86 ;
- Les traits orange présentent l'évolution de la vitesse (**moyennée sur la colonne d'eau**), en fonction du temps ;
- Les traits gris présentent l'évolution de la direction du courant, en fonction du temps ;
- Enfin les traits bleus présente l'évolution de la surface libre en fonction du temps pour cette marée de coefficient 86.

Par exemple sur la **Figure 48** au point B situé en entrée de Port 2000: le 11/10 à environ 9h, on note un pic de courant avec une vitesse > 0.80 m/s et une direction de $\sim -50^\circ$ N. Ce pic a lieu au moment où la surface libre est à environ +5.0 mCMH en train d'augmenter (flot). Les courbes pointillées (pour les 3 graphes) sont superposées avec les courbes pleines ce qui signifie que le projet ne crée pas de différence en ce point sur les courants.

A noter que des impacts sur les directions peuvent être calculés (par exemple le 11/10 entre 4h et 5h) mais ces différences (entre référence et projet) ont lieu pour des vitesses nulles ou très faibles.

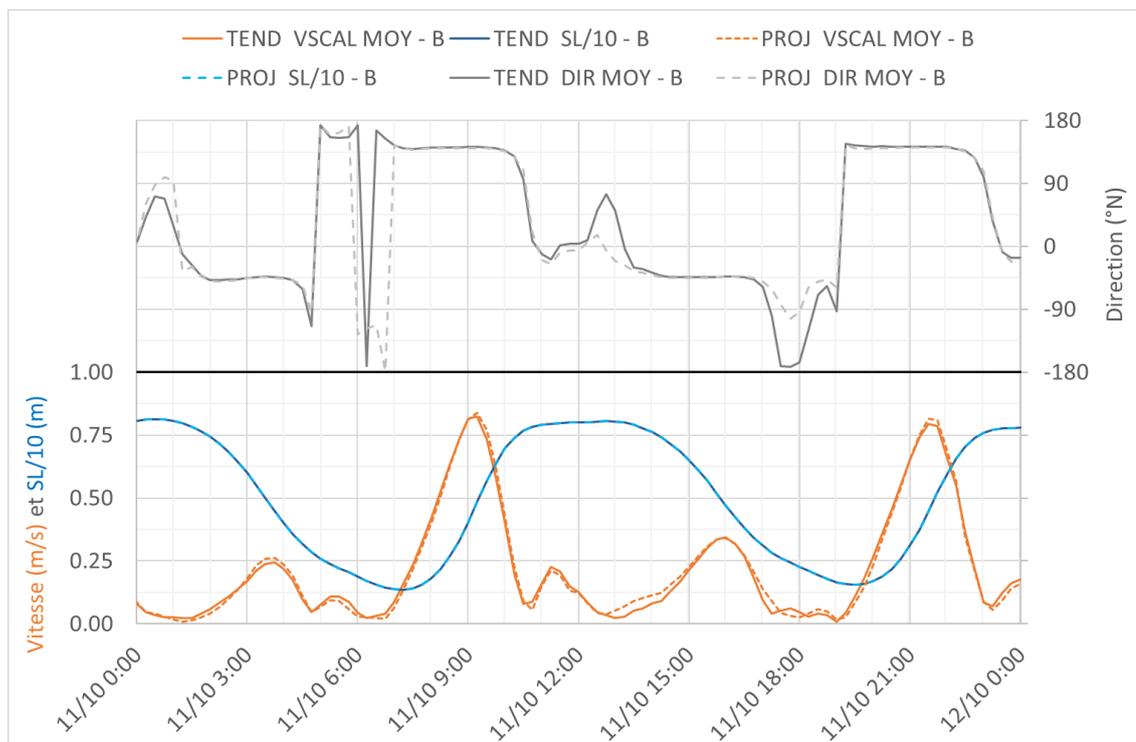


Figure 48. Comparaison des vitesses - Point B - Marée coef 86

Aux extrémités du chenal on note de légères modifications des courants dans les chenaux portuaires :

- Au point E (Figure 49), en sortie de Chatière côté Port2000, on observe une légère augmentation de la durée du pic de flot ;
- Au point F (Figure 50), en sortie de Chatière côté port ancien, on observe une légère augmentation de l'intensité (vitesse) du pic de flot où les vitesses atteignent respectivement 0.65 m/s et 0.75 m/s pour les configurations de référence et projet.

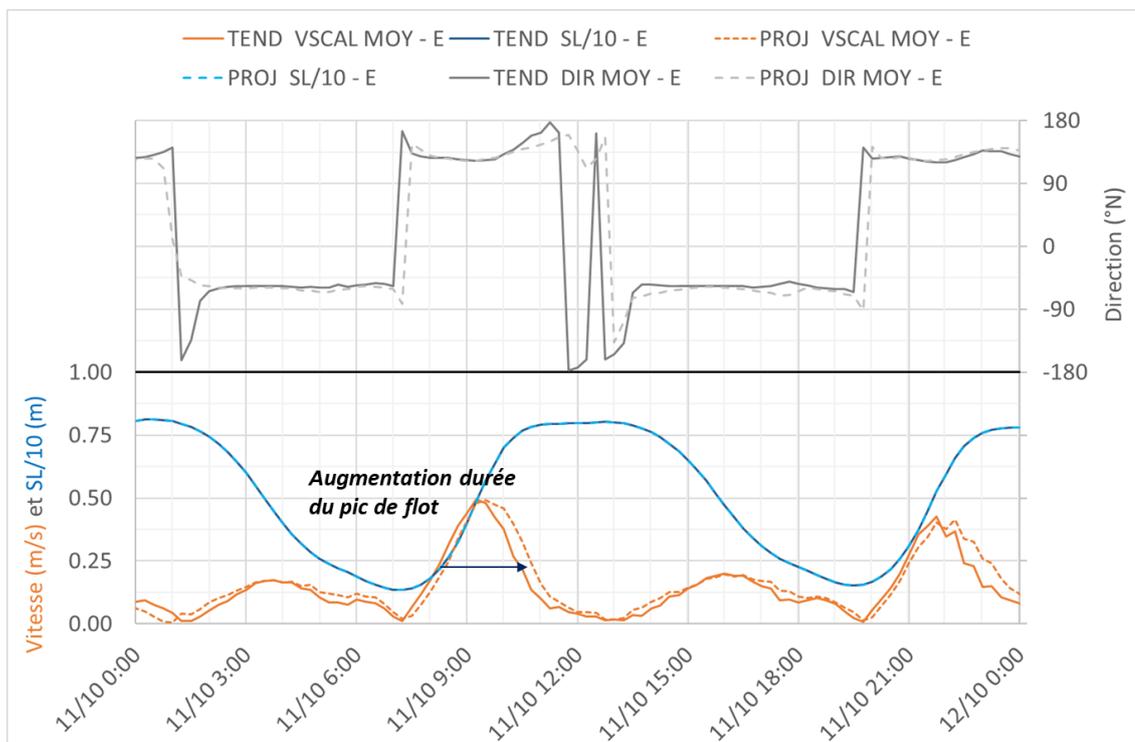


Figure 49. Comparaison des vitesses – Point B (entrée P2000) – Marée coef 86

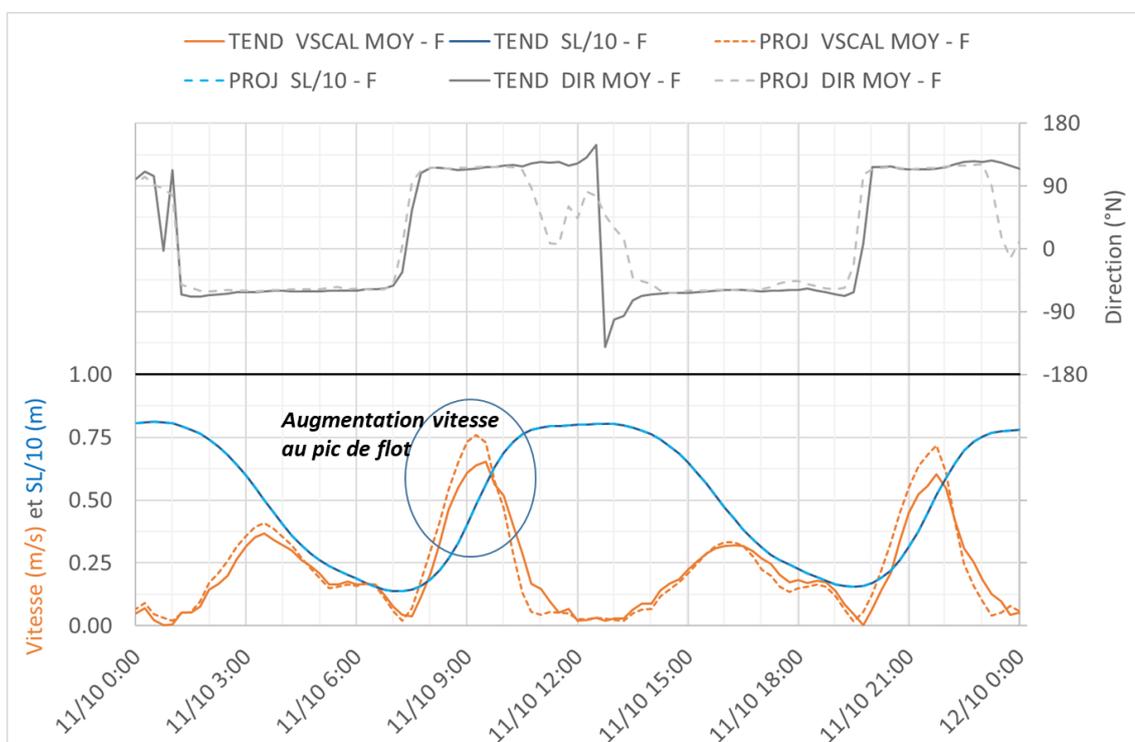


Figure 50. Comparaison des vitesses – Point F (P2000) – Marée coef 86

1.2. AUX ALENTOURS DU PROJET SUR LES ZONES PEU PROFONDES

Dans ce paragraphe d'analyse de points de sonde dans des zones de petits fonds, c'est la vitesse au fond qui est présentée (et non pas la vitesse moyennée sur la colonne d'eau).

Les figures suivantes présentent les valeurs de vitesses au fond et les directions associées sur une marée (coef.86) pour les points sondes situés à proximité du chenal de chatière par des petits fonds, dans les 2 situations tendancielle et projet.

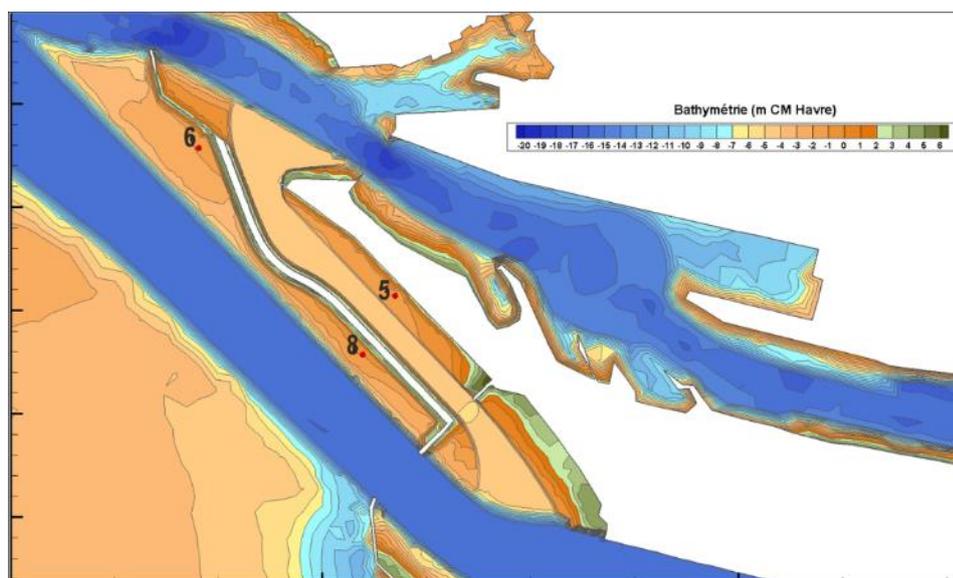


Figure 51. Position des points de sondes pour les petits fonds

On voit que pour ces petits fonds (entre -1 et -2m CMH), les vitesses de fond ne dépassent que très rarement les 25 cm/s et ceci que ce soit en état projet ou tendanciel.

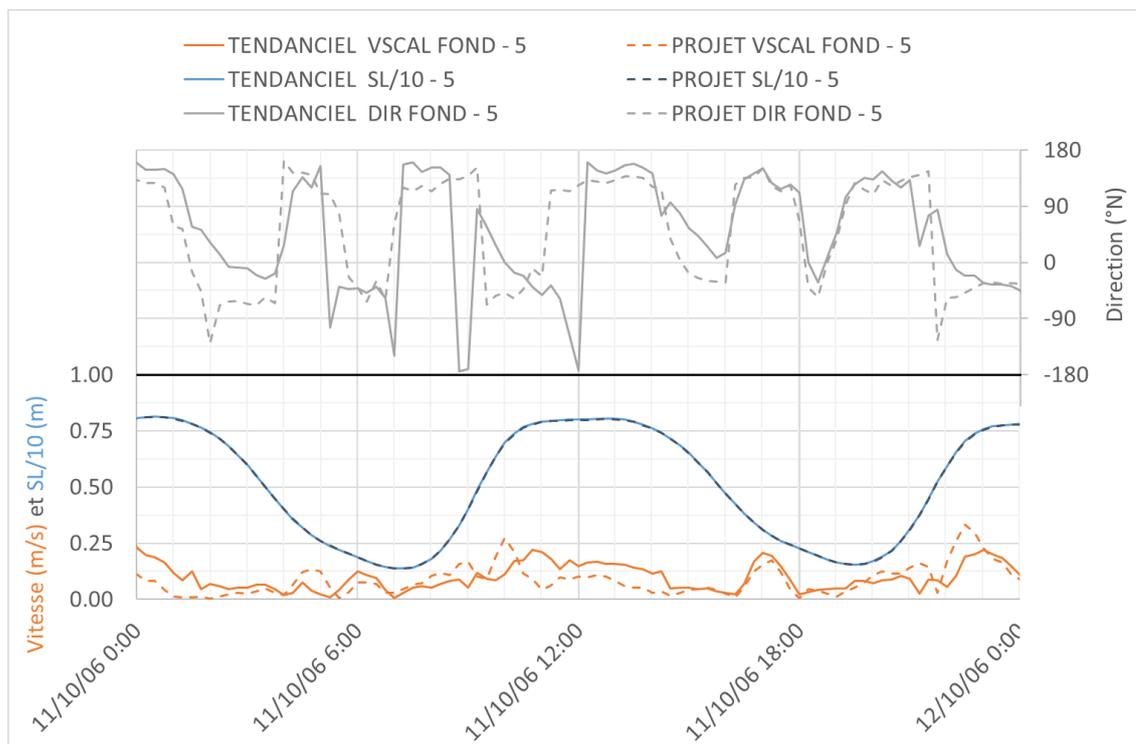


Figure 52. Vitesses et directions au point de sonde N°5

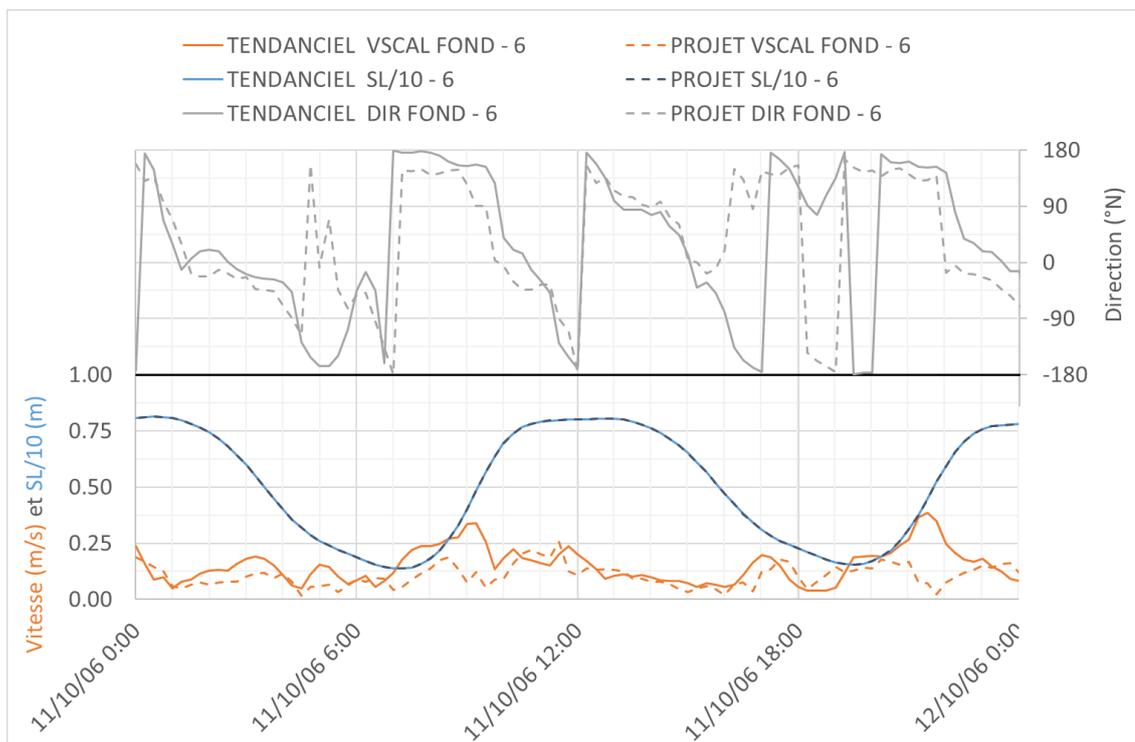


Figure 53. Vitesses et directions au point de sonde N°6

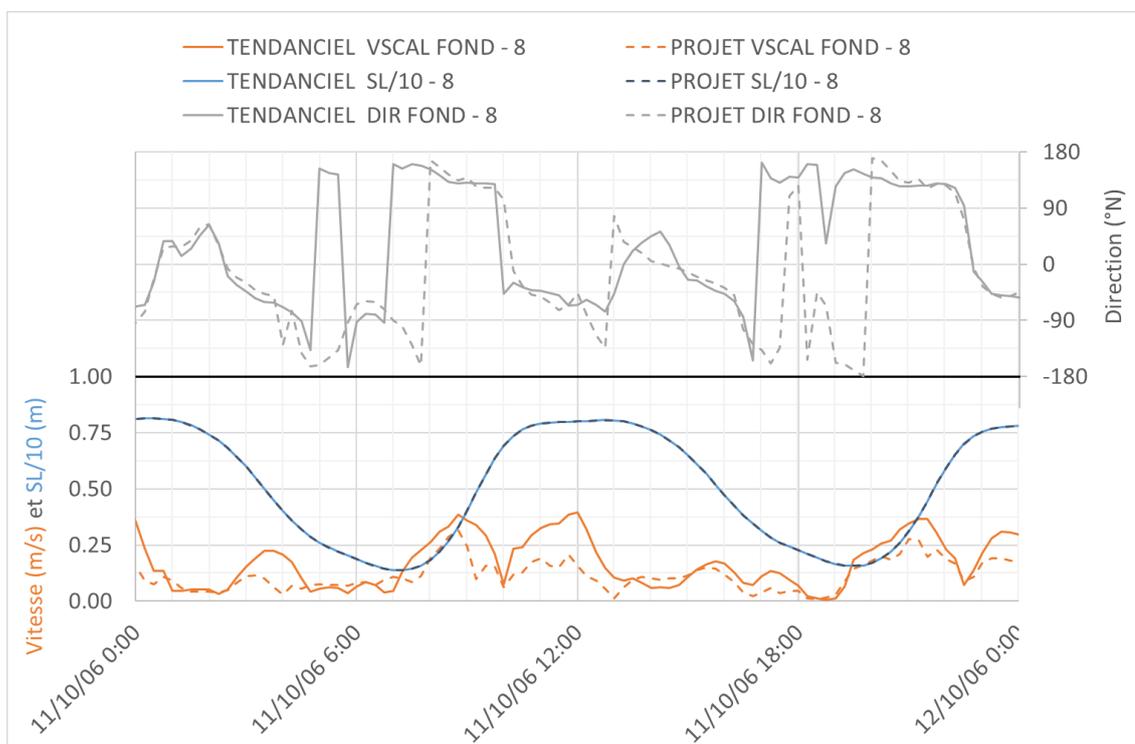


Figure 54. Vitesses et directions au point de sonde N°8

oOo