

PORT DU LÉGUÉ - SAINT BRIEUC



Etude de modélisation hydro-sédimentaire relative aux opérations de dragage de l'avant-port

Aurélie Rivier, Olivier Raillard, Benoit Waeles, Baptiste Mengual

04/07/2022



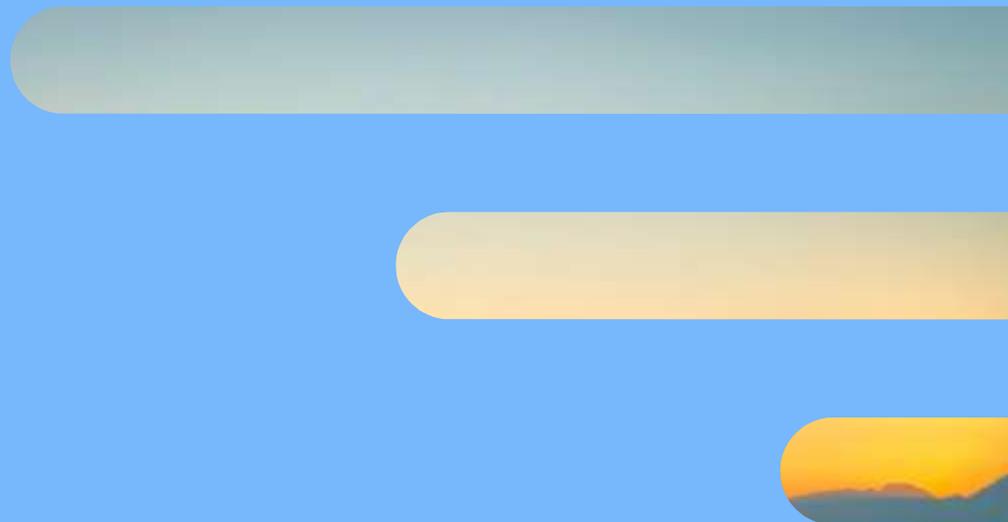
Sommaire

- 1. Objectifs**
- 2. Présentation du modèle**
- 3. Applications**



1.

Objectifs



Objectifs de l'étude

Comprendre les mouvements sédimentaires observés à l'extérieur et dans le port en lien avec les aménagements successifs

Réévaluer les modalités de dragage du port en réduisant ses impacts sur l'environnement et en optimisant son efficacité

Evaluer la possibilité d'une revalorisation des sables pour recharger les plages voisines de l'avant-port

=> Expertise et modélisations morpho-sédimentaires

04/07/2022 |



Classification : interne

4

2.

Présentation du modèle

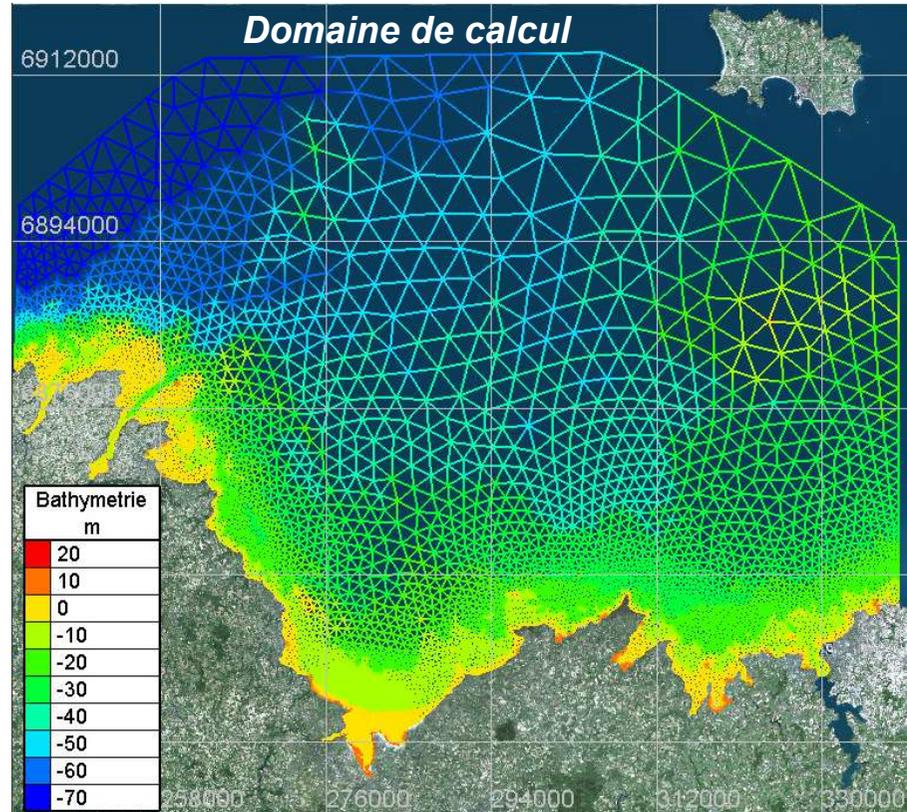
Modélisations

Principe

Modèle numérique

=

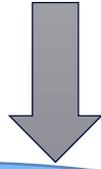
Programme informatique qui calcule les mouvements de l'eau (marée, courants, vagues) et le déplacement des sédiments



Modélisations

Principe

Bathymétrie
Marée
Vents + pression
Débit des rivières



Modèle hydrodynamique 2D :

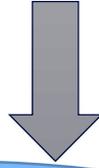
- Niveau d'eau
- Courants

Les variations de niveau d'eau et les courants sur la zone d'étude sont très majoritairement liés à la **marée**

Modélisations

Principe

Bathymétrie
Marée
Vents + pression
Débit des rivières

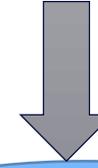


Modèle hydrodynamique 2D :

- Niveau d'eau
- Courants

Les variations de niveau d'eau et les courants sur la zone d'étude sont très majoritairement liés à la **marée**

Bathymétrie
Etats de mer au large
Vents



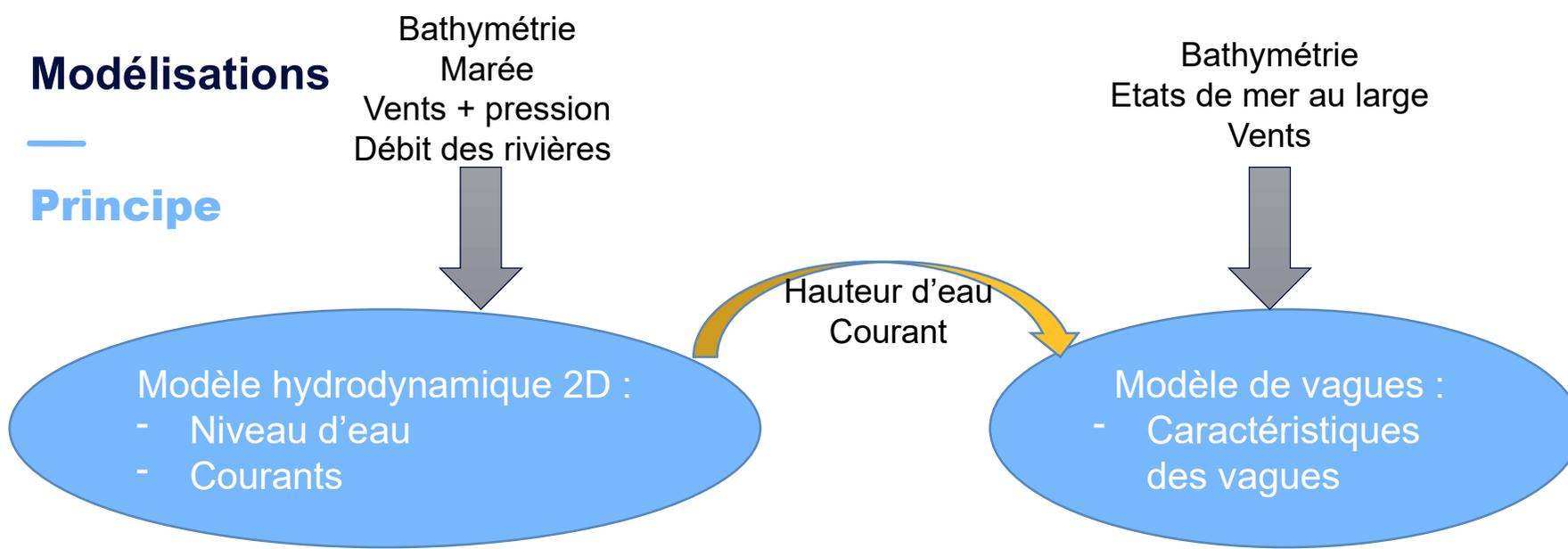
Modèle de vagues :

- Caractéristiques des vagues

Propagation des **houles du large** (depuis l'entrée de la Manche) et génération de « **clapots** » en baie de St-Brieuc

Modélisations

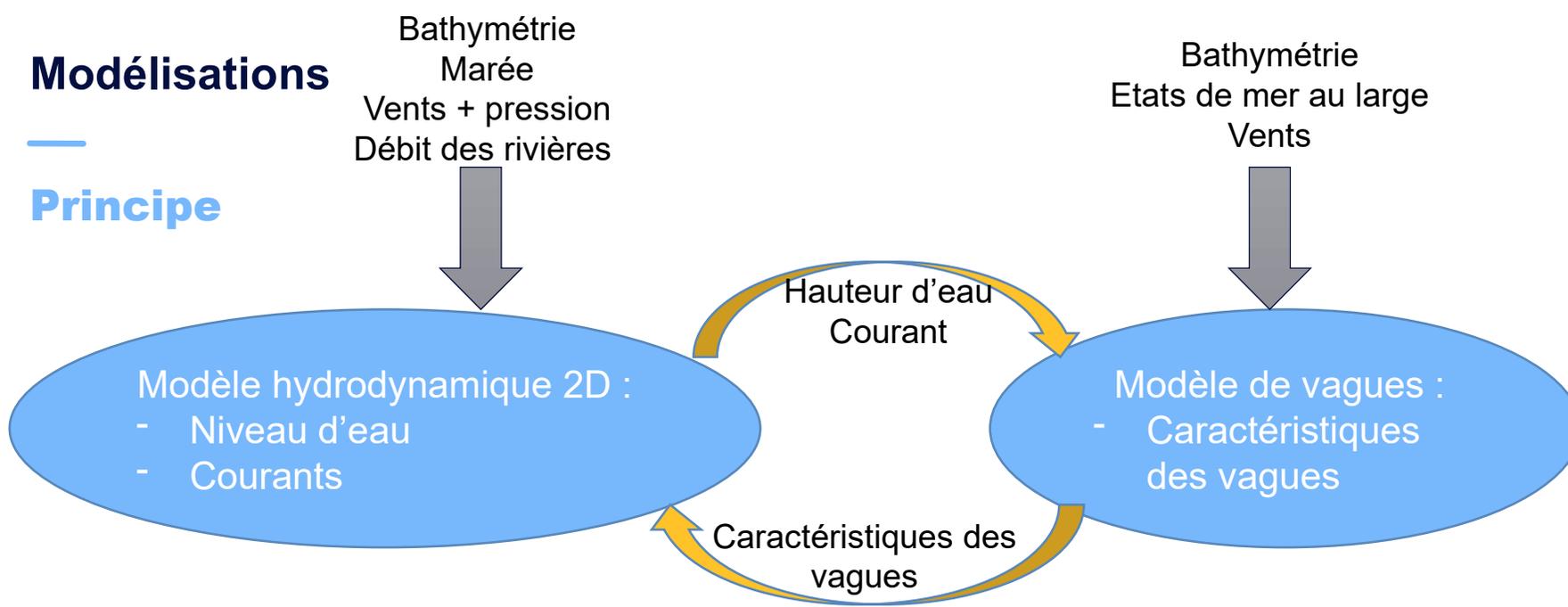
Principe



- Plus le niveau de marée est important et mieux les vagues se propagent depuis l'entrée de la Baie de St-Brieuc vers la zone d'étude.
- La propagation des vagues se fait plus facilement à marée montante que descendante.

Modélisations

Principe

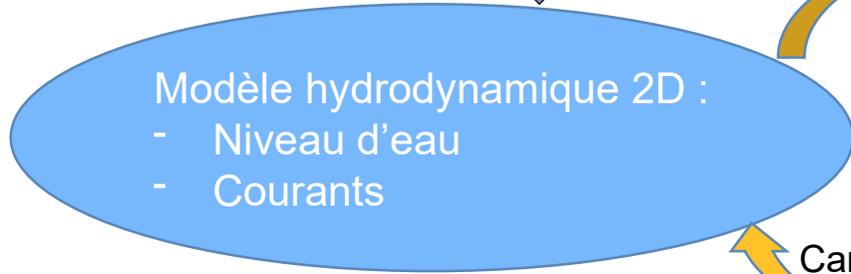
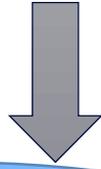


- Les vagues peuvent être le moteur de courants littoraux (dérive littorale)...

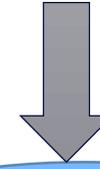
Modélisations

Principe

Bathymétrie
Marée
Vents + pression
Débit des rivières



Bathymétrie
Etats de mer au large
Vents



➔ Simulation des niveaux, des courants, de l'agitation, sous les effets combinés de la marée, du vent, des houles du large

Modélisations

Dynamique sédimentaire

- 2 types de sédiment dans la zone

- Sables (fins) :

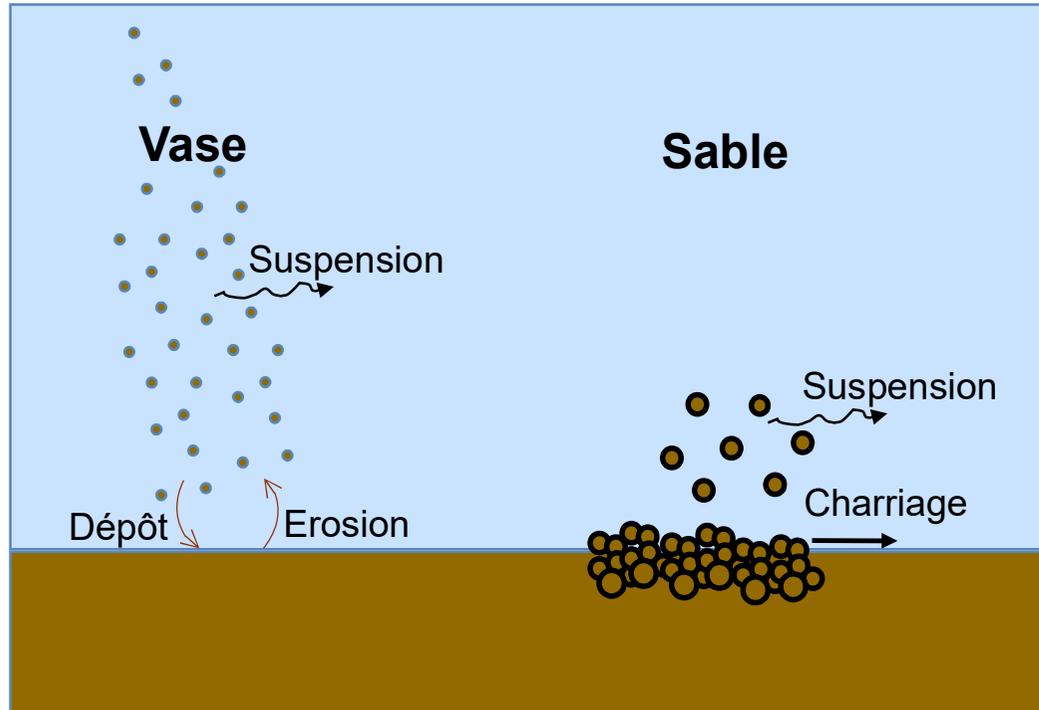
Transport par charriage et suspension
=> Formulations capacité de transport

Les sables sont transportés principalement par charriage et leur déplacement se fait de proche en proche

- Vases :

Transport par suspension
=> Modèle résolvant les équations d'advection-dispersion avec érosion/dépôt

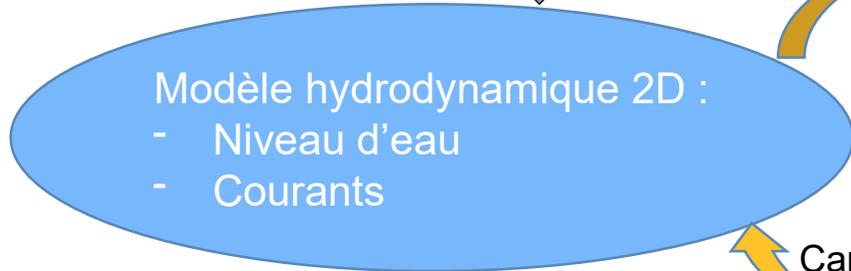
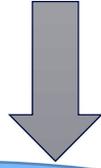
Les vases sont transportées à la vitesse du courant et se déplacent sur de grandes distances avant de décanter dans des secteurs de faible hydrodynamisme



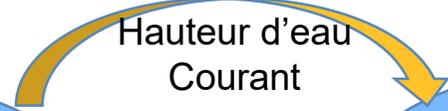
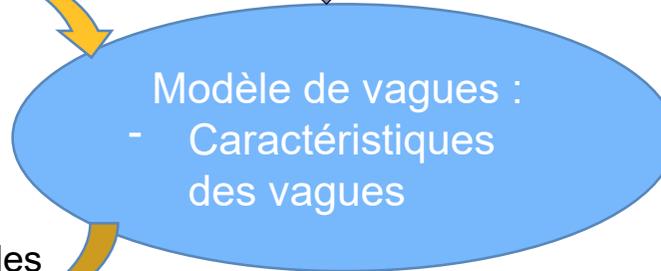
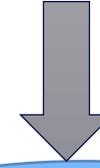
Modélisations

Principe

Bathymétrie
Marée
Vents + pression
Débit des rivières

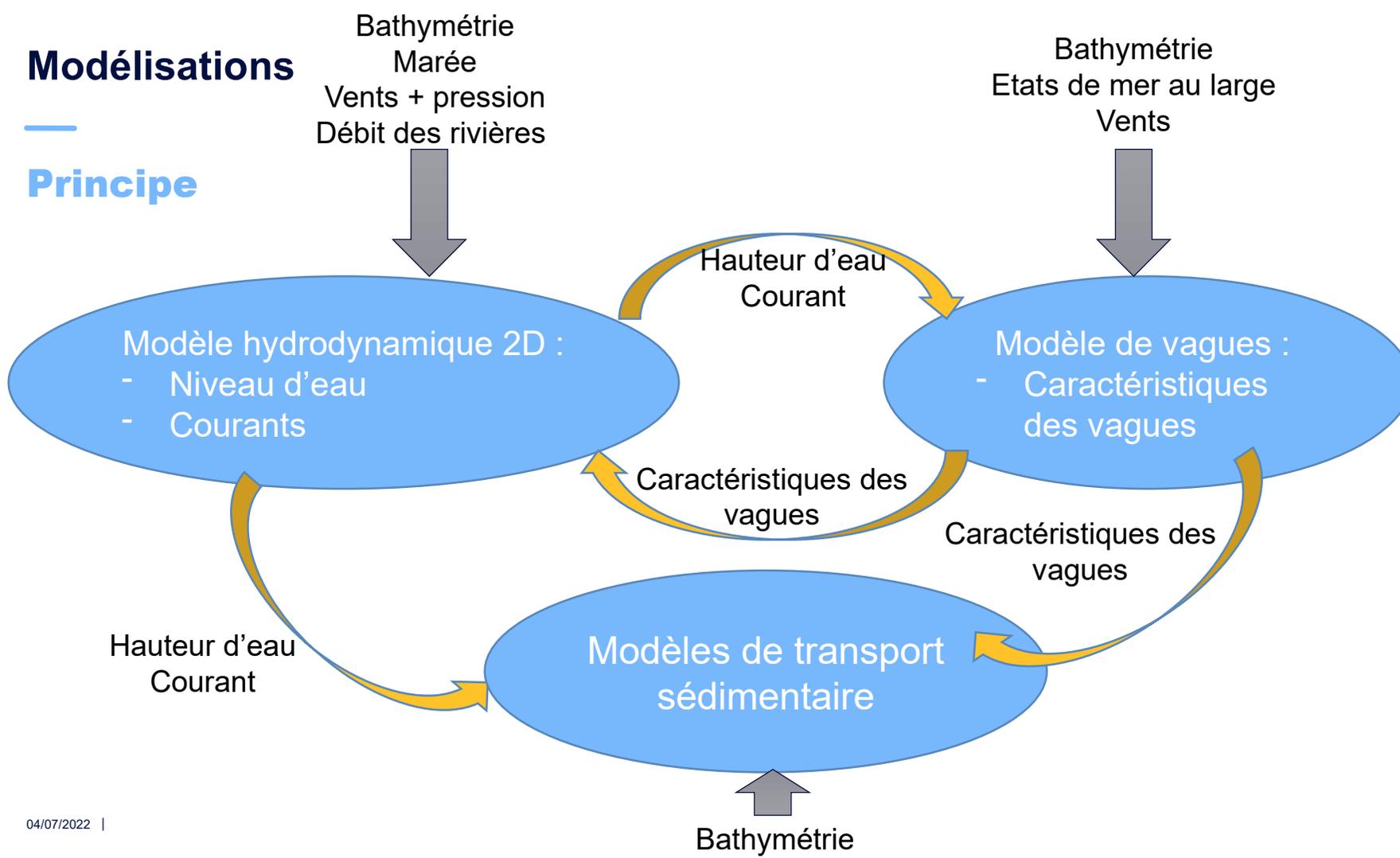


Bathymétrie
Etats de mer au large
Vents



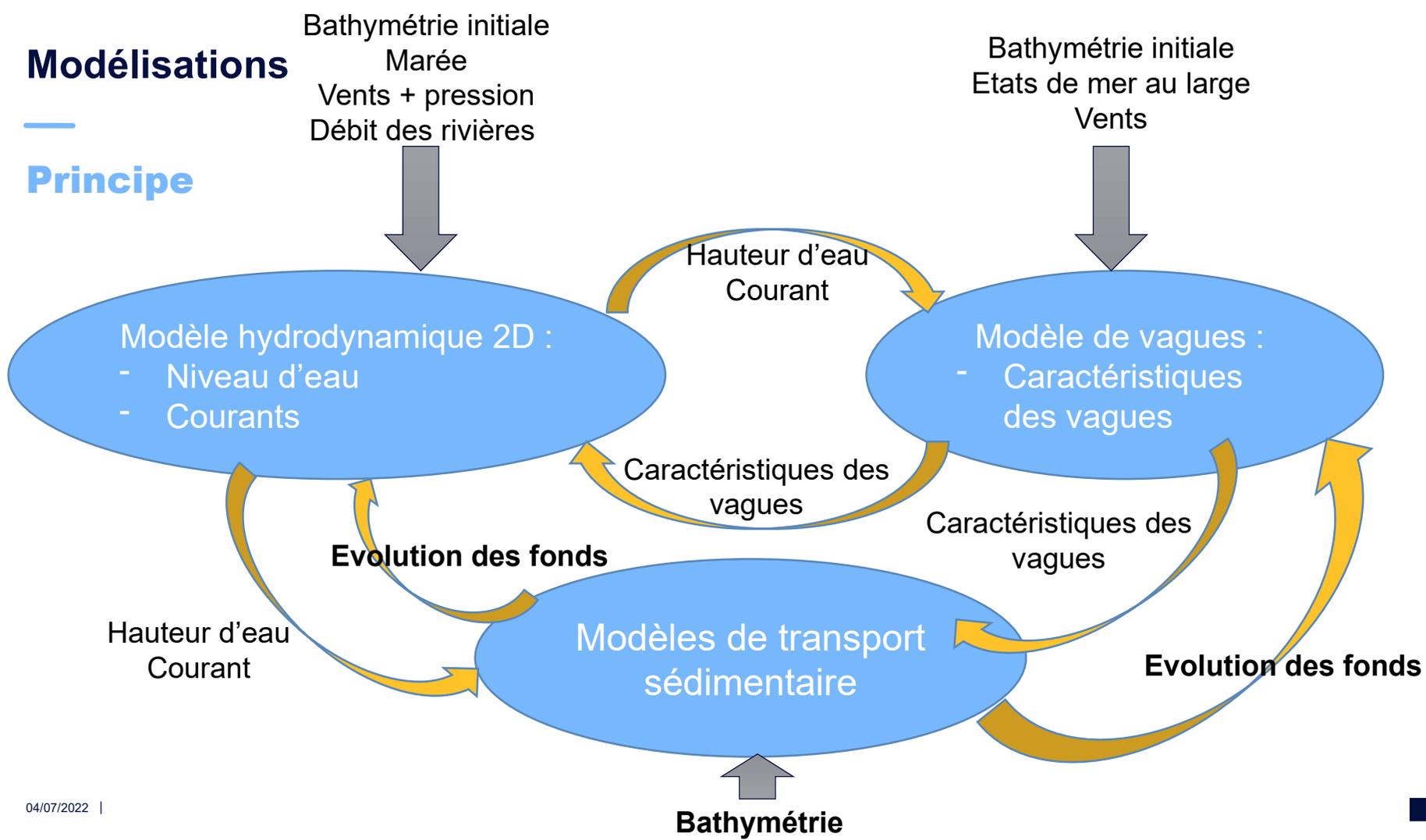
Modélisations

Principe



Modélisations

Principe

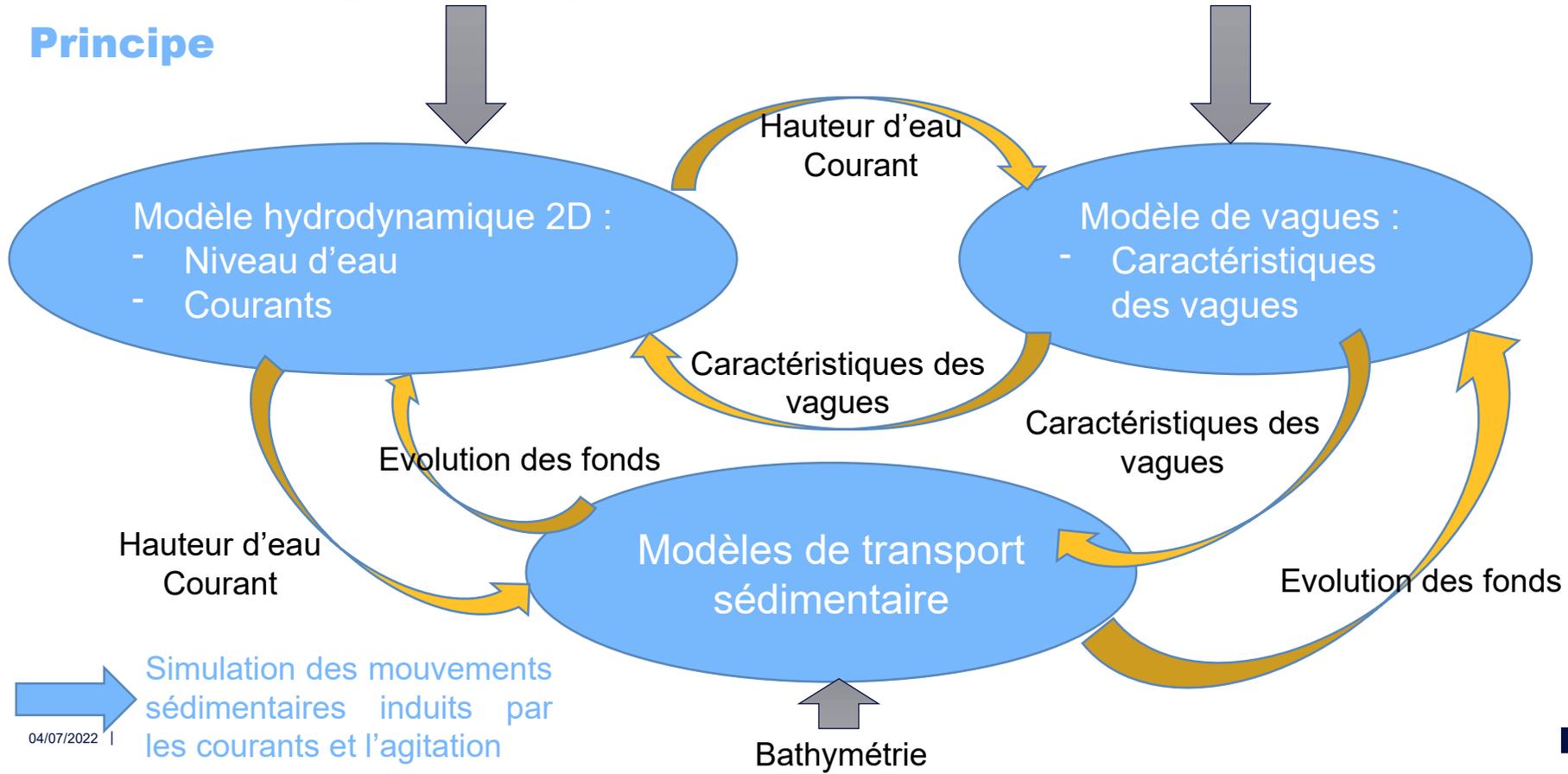


Modélisations

Principe

Bathymétrie initiale
Marée
Vents + pression
Débit des rivières

Bathymétrie initiale
Etats de mer au large
Vents



Simulation des mouvements
sédimentaires induits par
les courants et l'agitation

04/07/2022 |

Modélisations

Méthode

Simulation des niveaux, des courants, de l'agitation, sous les effets combinés de la marée, du vent, des états de mer au large



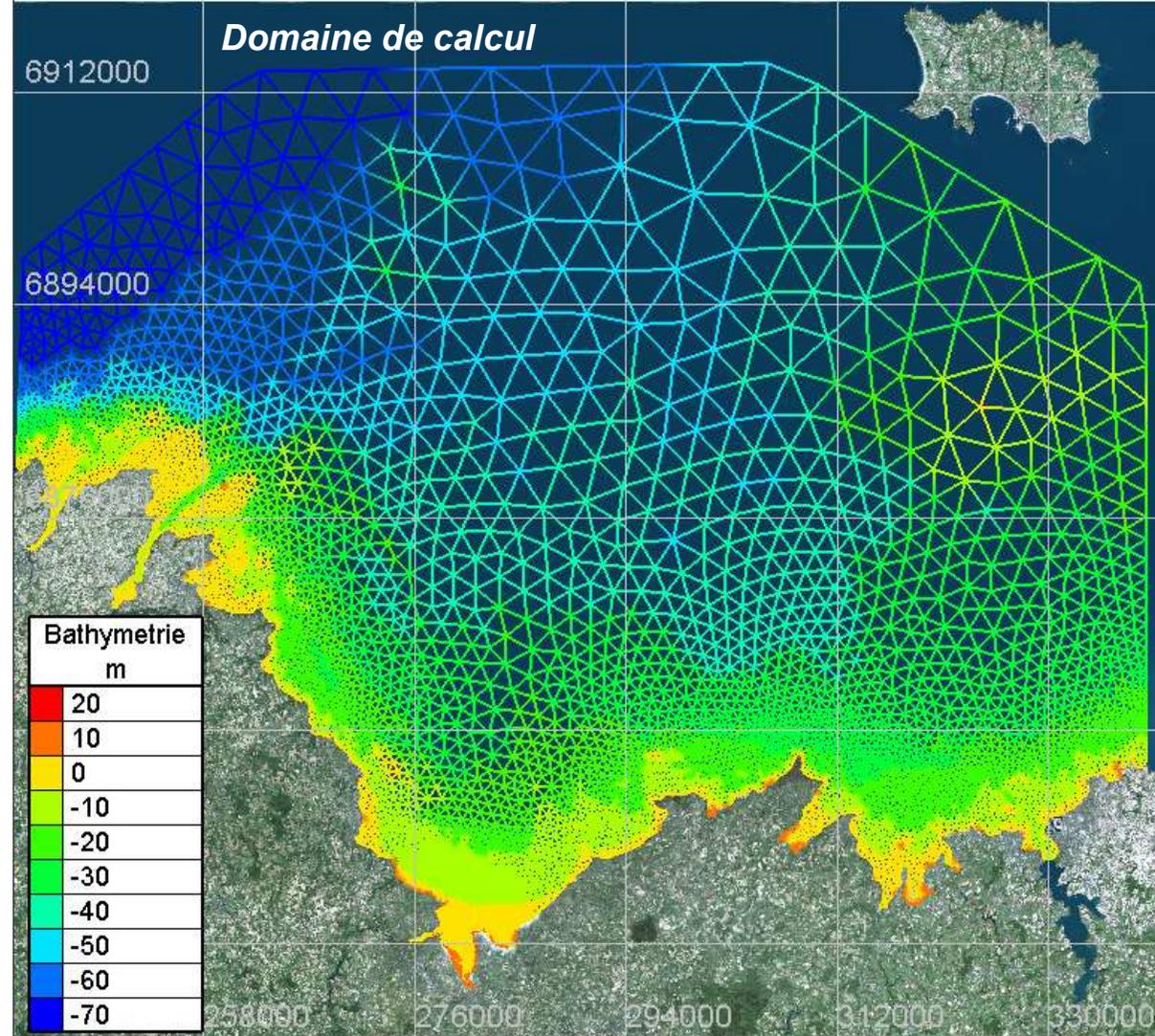
Modélisations

Méthode

Simulation des niveaux, des courants, de l'agitation, sous les effets combinés de la marée, du vent, des états de mer au large

1) Mise en place du maillage

- Définition de l'emprise



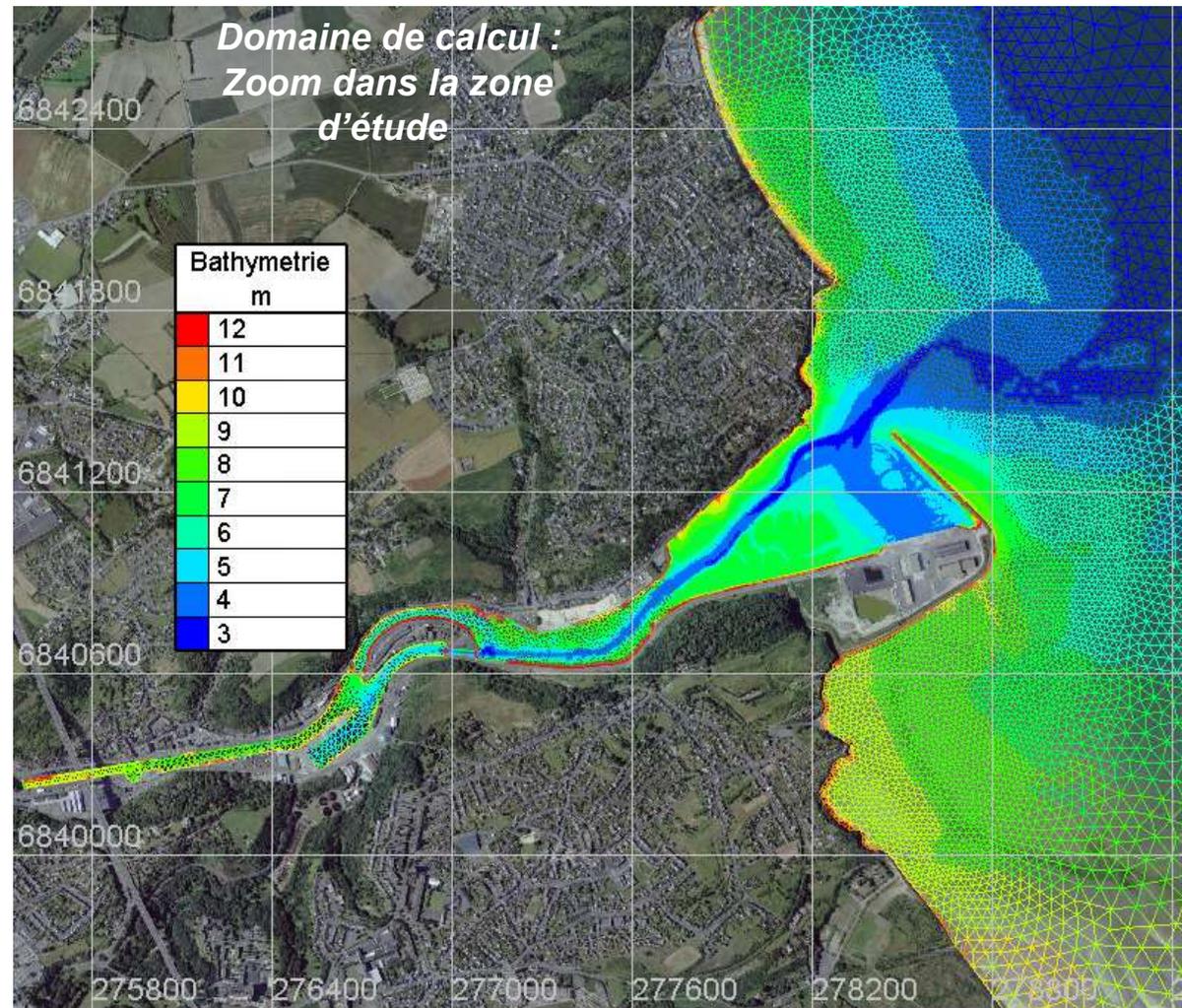
Modélisations

Méthode

Simulation des niveaux, des courants, de l'agitation, sous les effets combinés de la marée, du vent, des états de mer au large

1) Mise en place du maillage

- Définition de l'emprise
- Adaptation de la résolution du maillage aux zones d'intérêt :
 - quelques km au large
 - 20 m plage
 - 5 à 10 m dans l'avant-port



Modélisations

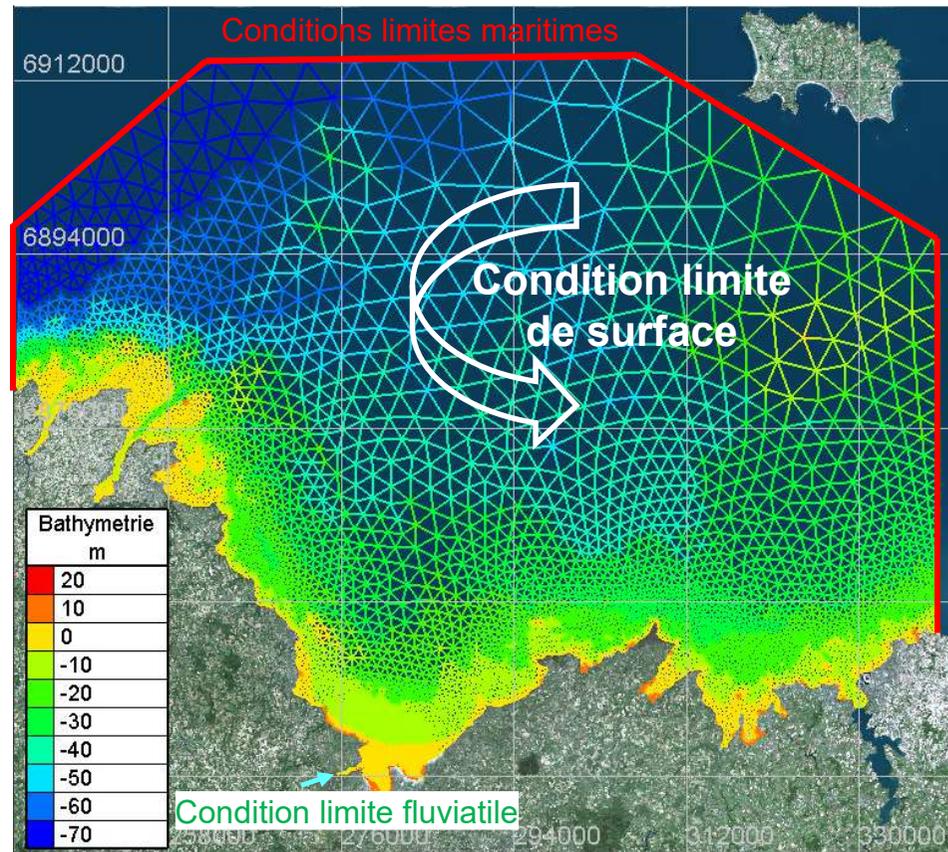
Méthode

Simulation des niveaux, des courants, de l'agitation, sous les effets combinés de la marée, du vent, des états de mer au large

1) Mise en place du maillage

2) Définition des conditions limites

- Conditions limites maritimes : marée, états de mer du large
- Condition limite fluviale : débit du Gouët
- Condition limite surface : vent, pression atmosphérique



Zoom dans la zone d'étude

Modélisations

Méthode

Simulation des niveaux, des courants, de l'agitation, sous les effets combinés de la marée, du vent, des états de mer au large

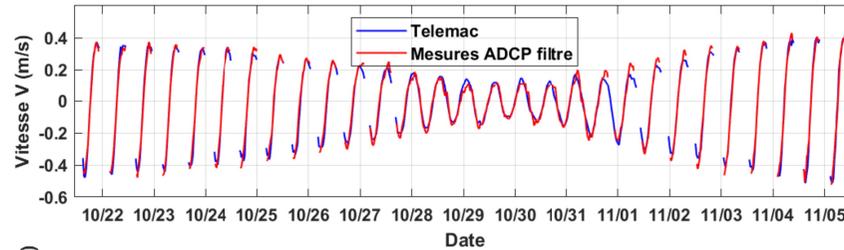
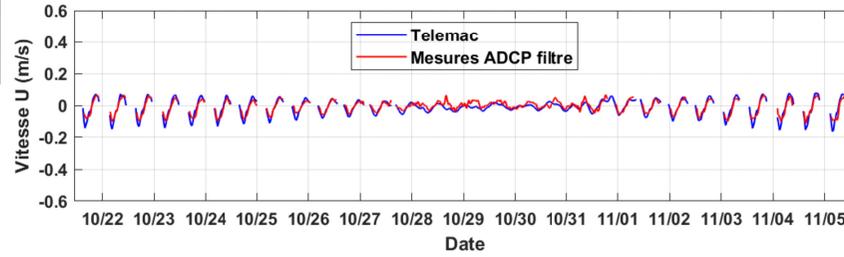
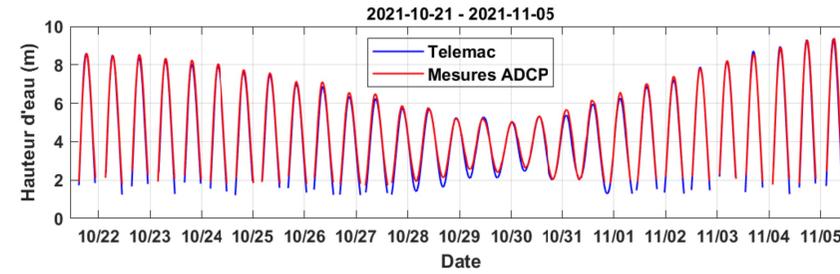
- 1) Mise en place du maillage
- 2) Définition des conditions limites

3) Vérification/Calage

- Niveau d'eau et courant



Position des stations de mesure (campagne de mesures UBS spécifique à l'étude)



Comparaison des hauteurs d'eau et des courants, prédits et mesurés

Modélisations

Méthode

Simulation des niveaux, des courants, de l'agitation, sous les effets combinés de la marée, du vent, des états de mer au large

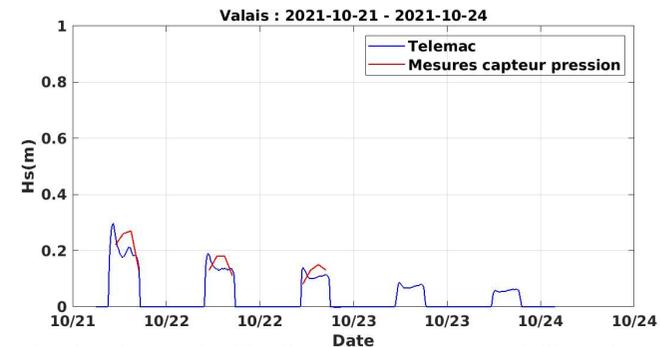
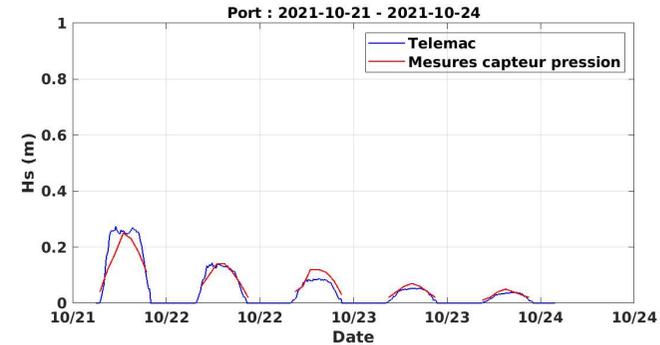
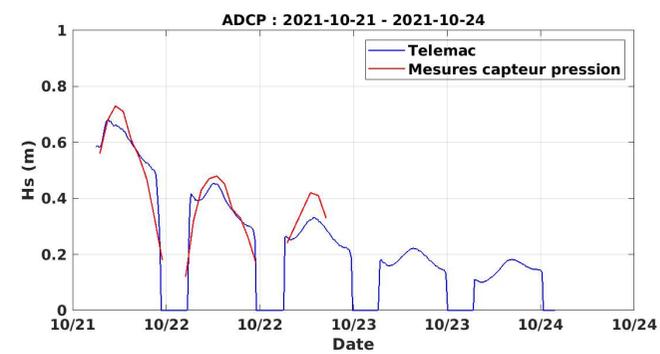
- 1) Mise en place du maillage
- 2) Définition des conditions limites

3) Vérification/Calage

- Niveau d'eau et courant
- Etats de mer



Position des stations de mesure (campagne de mesures UBS spécifique à l'étude)



Comparaison des hauteurs significatives des vagues, prédites et mesurées

Modélisations

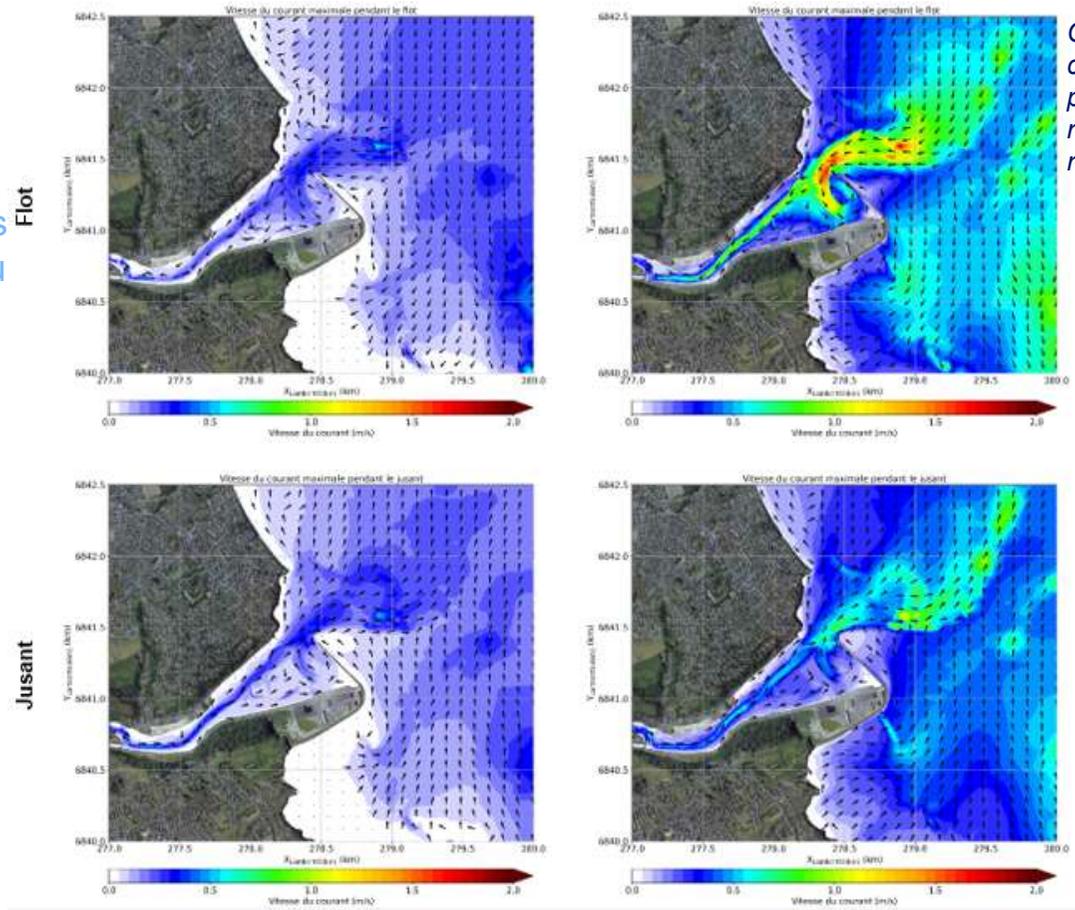
Méthode

Simulation des niveaux, des courants, de l'agitation, sous les effets combinés de la marée, du vent, des états de mer au large

- 1) Mise en place du maillage
 - 2) Définition des conditions limites
 - 3) Vérification/Calage
 - 4) Simulation/Analyse
- Hydrodynamique

Scénario 4
Morte-eau 45 – Hs median – Débit moyen

Scénario 2
Vive-eau 95 – Hs median – Débit moyen



Cartographie des courants maximaux pendant la marée montante et la marée descendante

Modélisations

Méthode

Simulation des niveaux, des courants, de l'agitation, sous les effets combinés de la marée, du vent, des états de mer au large

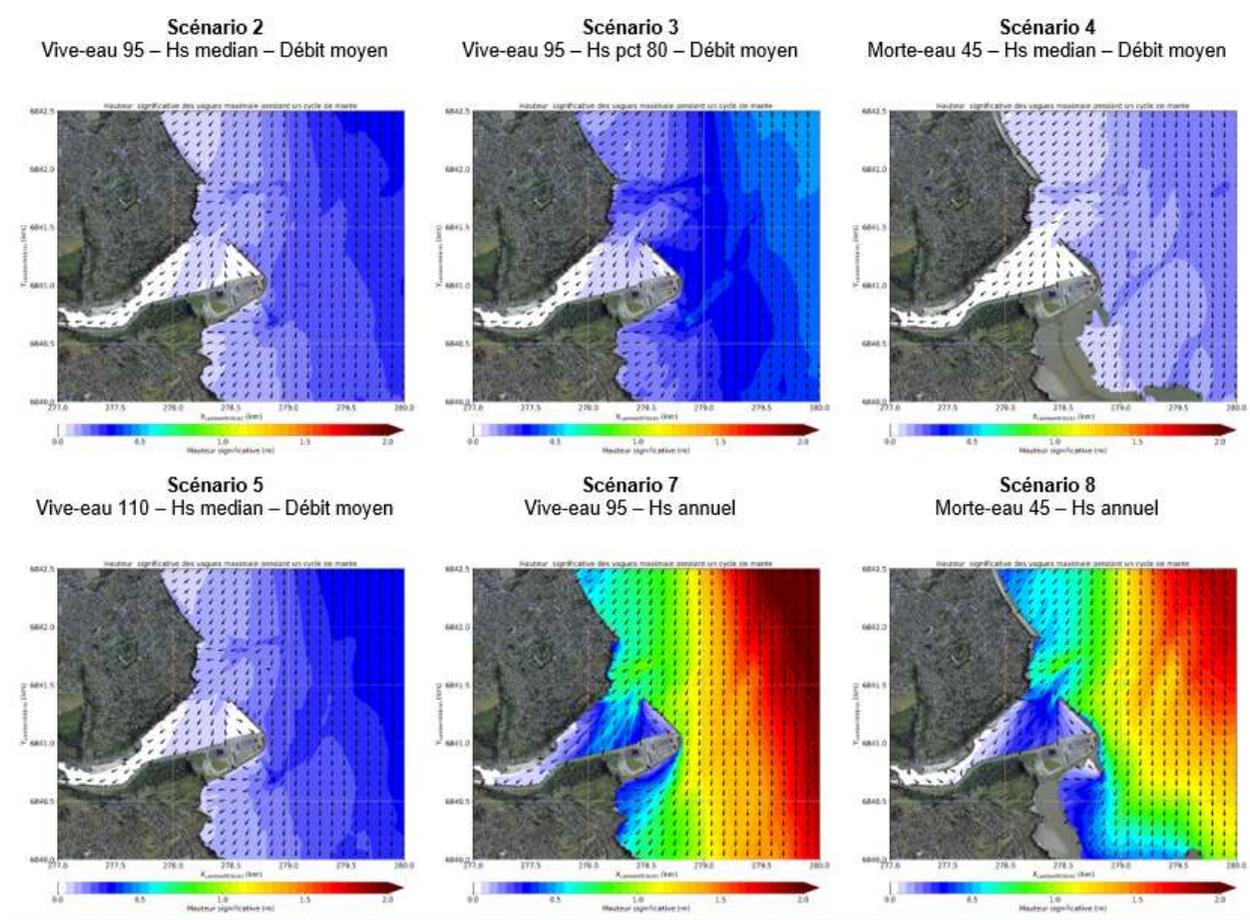
1) Mise en place du maillage

2) Définition des conditions limites

3) Vérification/Calage

4) Simulation/Analyse

- Hydrodynamique
- Etats de mer



Cartographie des hauteurs significatives maximales pendant un cycle de marée

3.

Applications du modèle

Modélisations

Application

Simulation des mouvements sédimentaires induits par les courants et l'agitation :

- **Dynamique des sables** (hypothèse modèle 80% des sédiments dragués)
- **Dynamique des vases** (hypothèse modèle 20% des sédiments dragués)

Modélisations

Application

Simulation des mouvements sédimentaires induits par les courants et l'agitation : **Dynamique des sables**

Hypothèses du modèle

- 1 seule taille de sable représentative du sable en présence
- Sable présent initialement sur l'ensemble du domaine
- 2 simulations sont réalisées pour représenter une année de dragage :

- **Simulation A** : Bathymétrie de 2020 dans la zone de dragage et bathymétrie fixe
=> Correspond au cas où c'est dragué partout en permanence

- **Simulation B** : Bathymétrie creusée à la côte cible de dragage dans la zone dragué et bathymétrie qui évolue au cours du temps en fonction des dépôts
=> Correspond au cas où un fort effort de dragage a été fait au départ et on laisse la

situation évoluer

=> Les 2 simulations (schématiques) permettent d'encadrer la dynamique réelle (complexe du point de vue des processus hydro-sédimentaires et des opérations de dragage)

Modélisations

Application

Simulation des mouvements sédimentaires induits par les courants et l'agitation

Dynamique des sables

Dynamique au cours d'une marée

Le transport solide entrant dans l'avant-port se fait sur un temps très court, au tout début du remplissage de l'avant-port



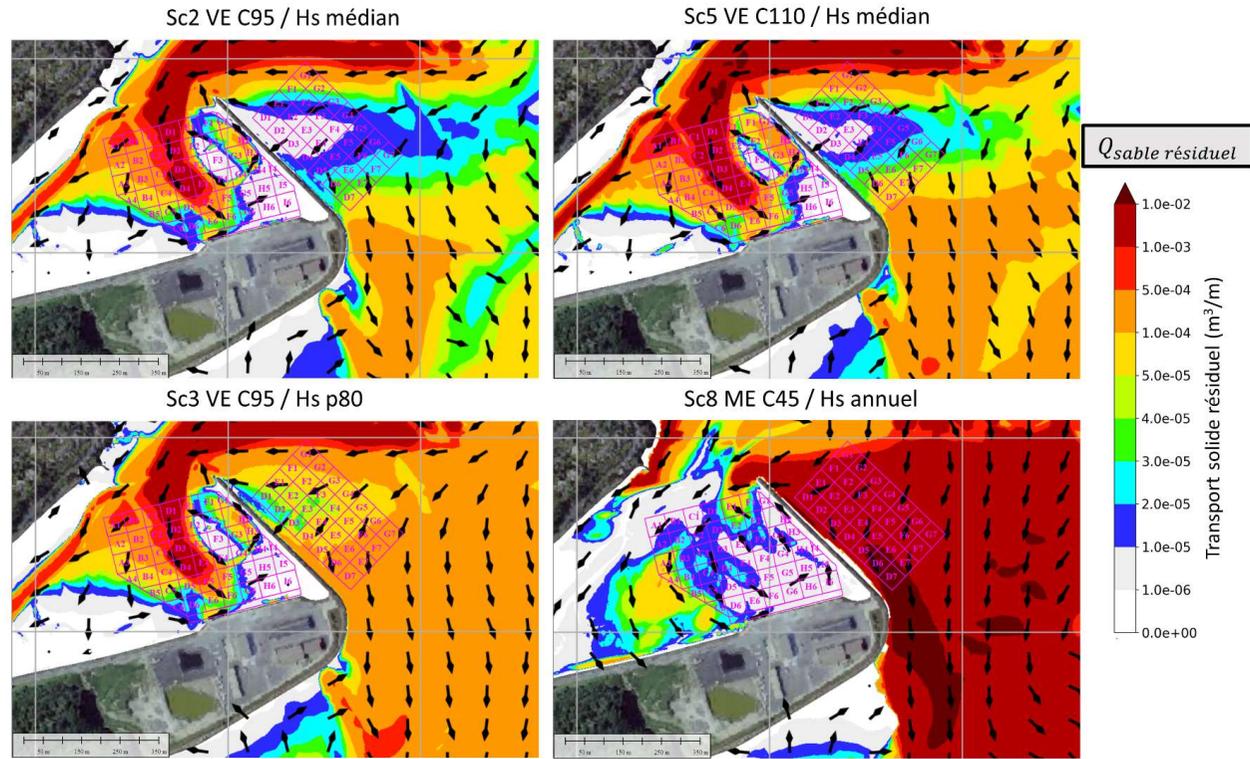
Modélisations

Application

Simulation des mouvements sédimentaires induits par les courants et l'agitation

Dynamique des sables

Transport solide résiduel de sable en fonction des conditions hydrodynamiques



Transports résiduels de sable simulés pour différentes conditions de marée et de vagues

Modélisations

Application

Simulation des mouvements sédimentaires induits par les courants et l'agitation

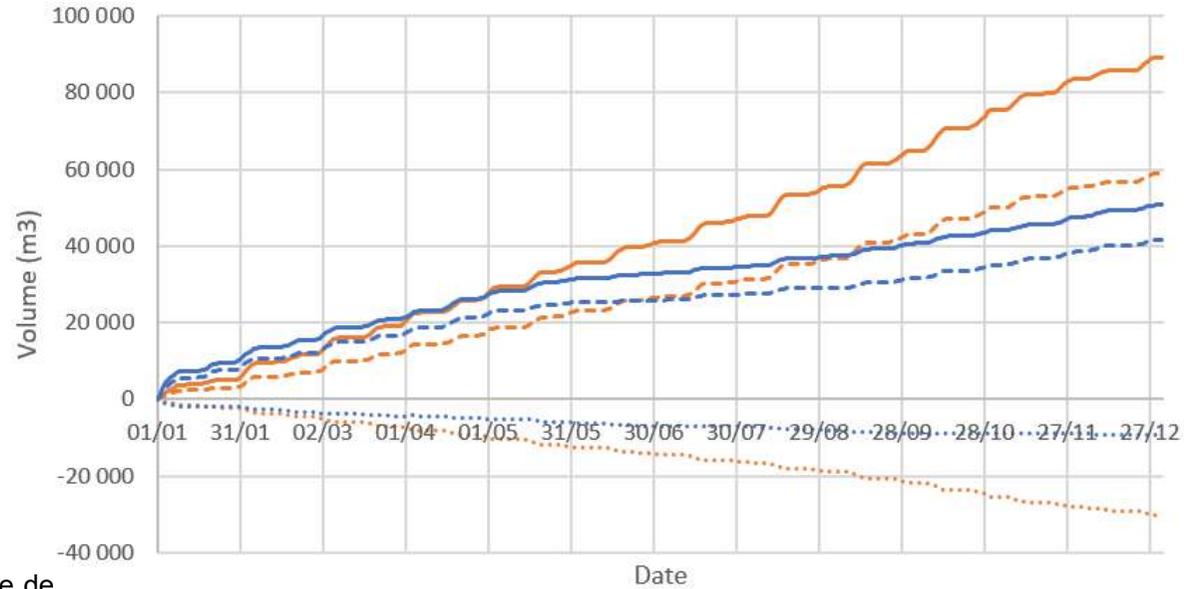
Dynamique des sables

Volume de sable dans la zone de dragage.

Simulation A : Bathymétrie de 2020 dans la zone de dragage et bathymétrie fixe

Simulation B : Bathymétrie creusée à la côte cible de dragage dans la zone draguée et bathymétrie qui évolue au cours du temps en fonction des dépôts

Volume total annuel dragué : 100 000 à 120 000 m³, soit 80 000 à 100 000 m³ de sable



— Dépôt (Simulation A) Erosion (Simulation A) - - - Evolution (Simulation A)
— Dépôt (Simulation B) Erosion (Simulation B) - - - Evolution (Simulation B)

Variation temporelle du volume déposé, érodé et évolution du volume de sable dans la zone de dragage entre le 01/01/2018 et le 01/01/2019 pour les simulations A et B

Modélisations

Application

Simulation des mouvements sédimentaires induits par les courants et l'agitation

Dynamique des sables

Influence des dépôts devant le mole sur la dynamique sableuse

=> Augmentation de 15% de l'ensablement de l'avant-port lié aux dépôts le long de la digue

Volume total annuel dragué :
100 000 à 120 000 m³,

soit 80 000 à 100 000 m³ de sable

04/07/2022 |

Tableau 7-2 Volume déposé, érodé et évolution du volume dans la zone de dragage entre le 01/01/2018 et le 15/01/2018.

Bathymétrie	Dépôt (m ³)	Erosion (m ³)	Evolution (m ³)
Bathymétrie 2020	1672	-544	1129
Bathymétrie arasée	1427	-544	883

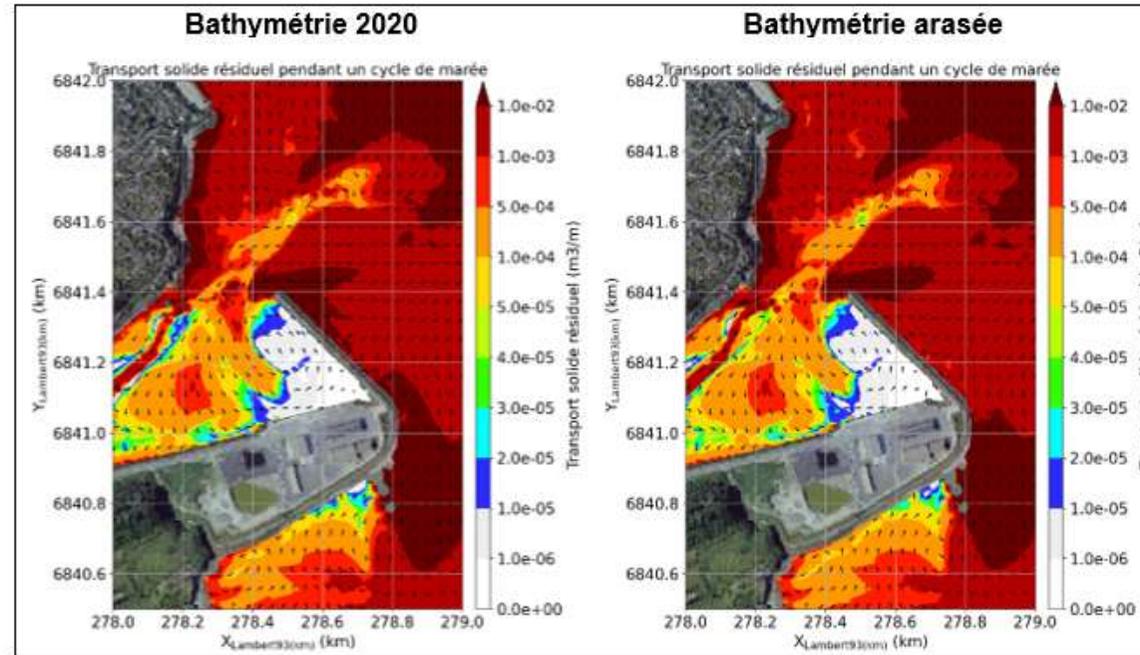


Figure 7-7 Cartographie du transport résiduel au cours du cycle de marée du 06/01/2018 matin (marée de vive-eau 92)

Modélisations

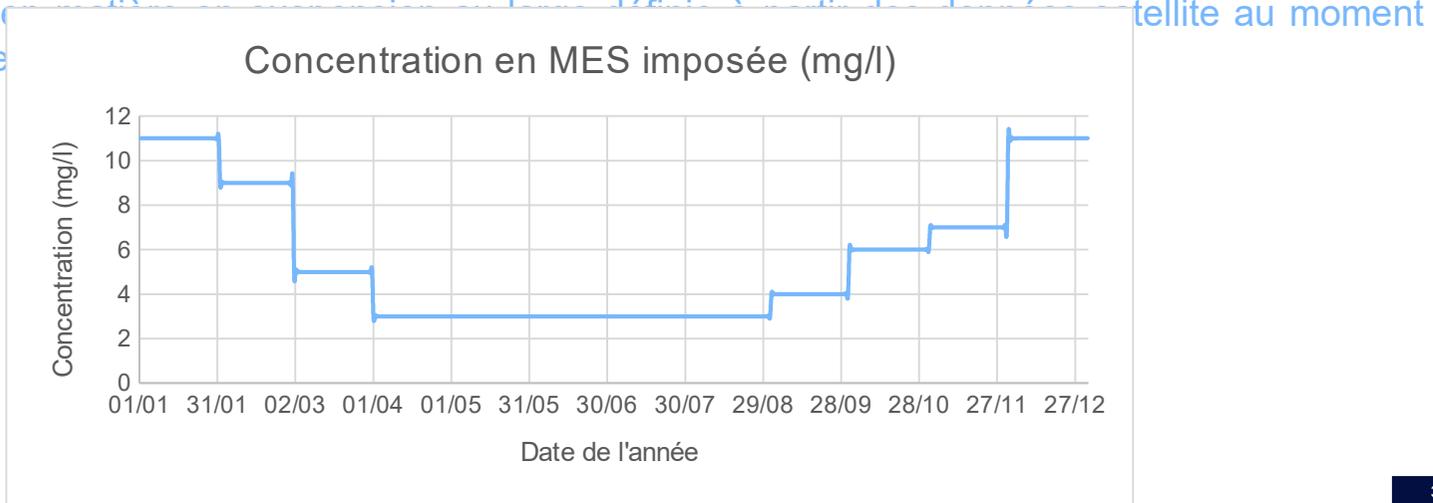
Application

Simulation des mouvements sédimentaires induits par les courants et l'agitation : **Dynamique de la vase**

Hypothèses du modèle

- Apport maritime :

- Concentration de la basse-mer



Modélisations

Application

Simulation des mouvements sédimentaires induits par les courants et l'agitation : **Dynamique de la vase**

Hypothèses du modèle

- Apport maritime :
 - Concentration en matière en suspension au large définie à partir des données satellite au moment de la basse-mer
- Apport lié au dépôt :
 - Introduction de sédiments fins lors des opérations de dragage tel que définies dans le calendrier
 - 20% des volumes dragués est introduits dans la zone de dépôt



Modélisations

Application

Simulation des mouvements sédimentaires induits par les courants et l'agitation : **Dynamique de la vase**

Hypothèses du modèle

- Apport maritime :
 - Concentration en matière en suspension au large définie à partir des données satellite au moment de la basse-mer
- Apport lié au dépôt :
 - Introduction de sédiments fins lors des opérations de dragage tel que définies dans le calendriers
 - 20% des volumes dragués est déposés en tant que vase dans la zone de dépôt
- Apport fluvial :
 - Evaluation des concentrations en matière en suspension minérale amont à partir des épaisseurs de dépôts dans le port de plaisance : entre 1 et 10 mg/l environ
 - Test de sensibilité : contribution négligeable aux dépôts dans l'entier port et domaine maritime par

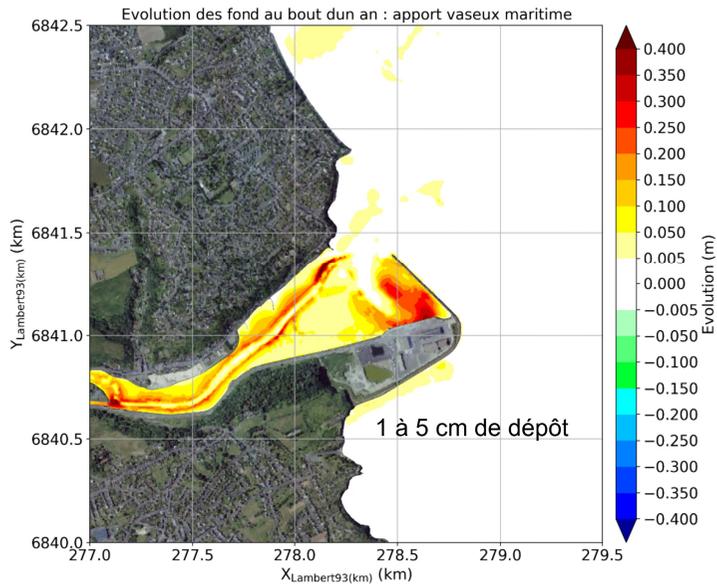
Modélisations

Application

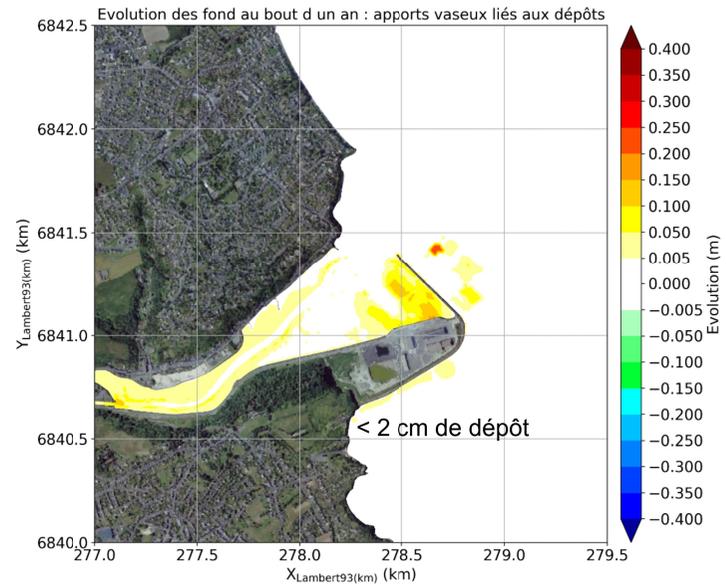
Simulation des mouvements sédimentaires induits par les courants et l'agitation : [Dynamique des vases](#)

~20% des vases déposées devant la digue rentre à nouveau dans l'avant-port

Apport maritime



Apport lié aux dépôts



Modélisations

Bilan

- Très bon comportement du modèle vis-à-vis des mesures hydrodynamiques in-situ
- Le modèle retrouve bien les ordres de grandeur des quantités dragués
- Le modèle a la capacité à distinguer les deux types de dynamique (sable et vase) conformément aux observations

Modélisations

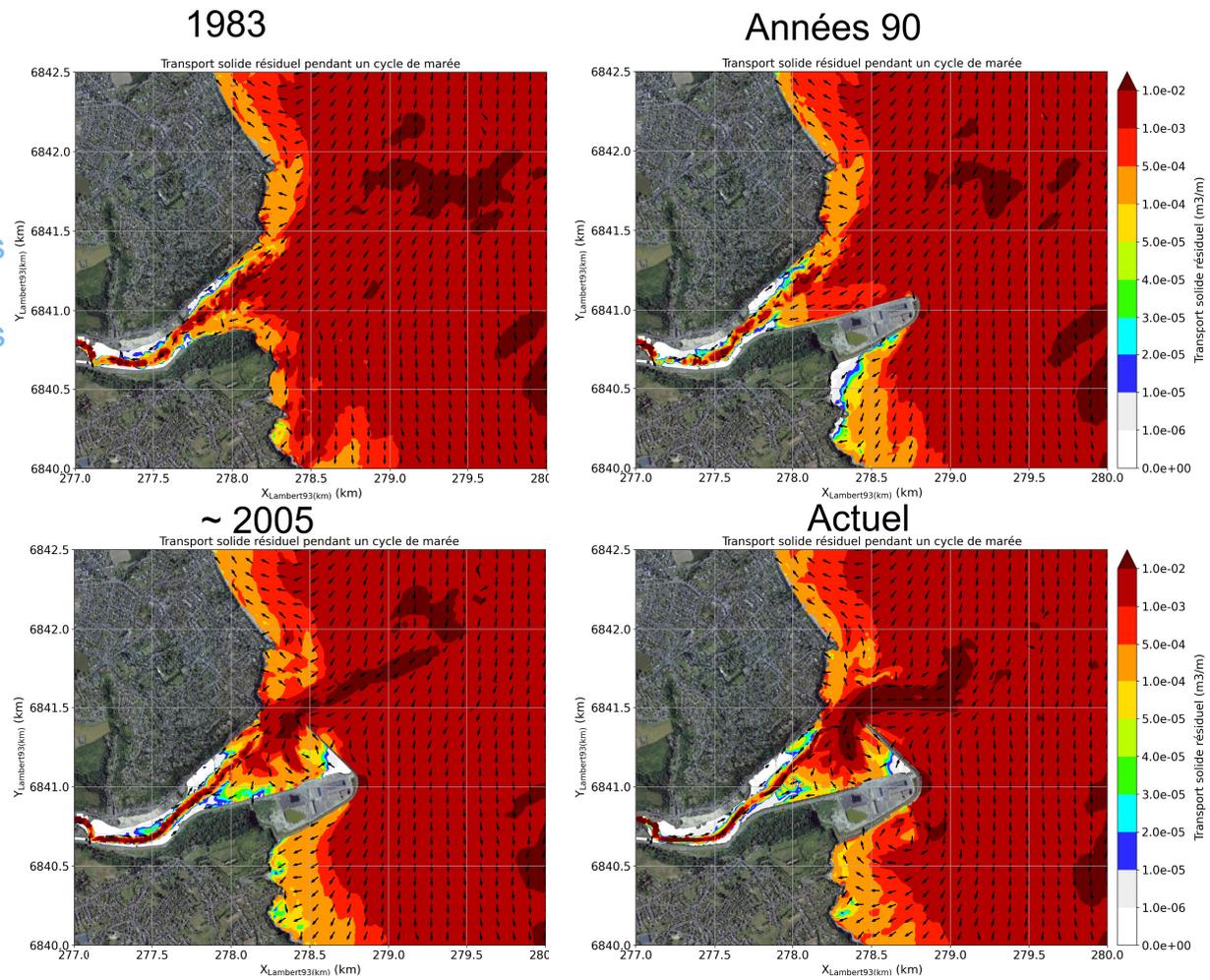
Prochains points (développés lors de la 2^{ème} réunion de concertation)

- Expertises hydro-sédimentaires

Modélisations

Prochains points

- Expertises hydro-sédimentaires
- Phase 2 : simulations historiques



Merci pour votre attention