

Projet éolien en mer des Deux Côtes

Synthèse hydrodynamique et hydro-sédimentaire

(CREOCEAN 2009)

1. Etat initial

1.1 Définition – Présentation générale

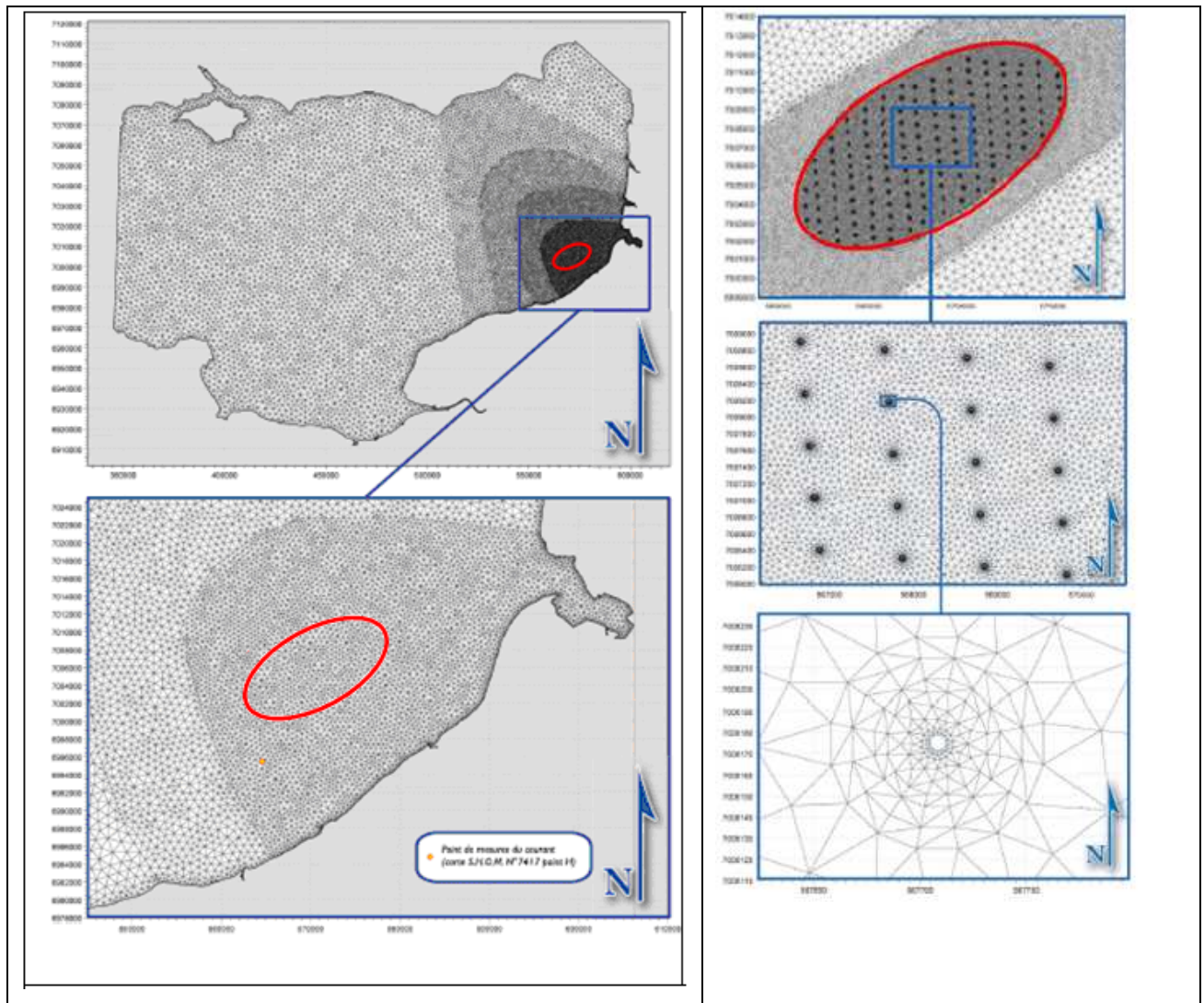
Dans le cadre des études de faisabilité du projet éolien en mer des « Deux Côtes » l'environnement hydrodynamique du site situé en Manche Est en a été modélisé par le bureau d'étude spécialisé CREOCEAN en mai 2009 afin d'évaluer notamment les contraintes hydrodynamiques qui s'appliqueront sur chacune des éoliennes ainsi que les éventuels impacts du parc éolien sur le trait de côte.

1.2 Objectifs de l'étude et méthodologie employée

Les objectifs de l'étude sont, dans un premier temps, de préciser les conditions hydrodynamiques sur le site du parc éolien des « Deux Côtes » afin de modéliser l'environnement hydrodynamique (courant, houle, marée). Il s'agit de fournir des données en vue du pré-dimensionnement des fondations d'une part, et d'évaluer d'autre part, les impacts hydro-sédimentaires liés à la mise en place de l'ensemble du parc éolien en mer. En effet on applique l'environnement ainsi modélisé sur le parc des éoliennes en mer lui-même modélisé numériquement. Les simulations numériques réalisées à partir de ce modèle doivent donc permettre de :

- préciser les conditions courantologiques et d'agitation de la mer sur le site d'étude,
- calculer les conditions de courants et d'agitation exceptionnelles (houle), pour pouvoir disposer d'éléments pour le pré-dimensionnement des ouvrages,
- simuler les modifications des courants et de la propagation des vagues induites par les éoliennes,
- simuler les principaux schémas de transport sédimentaire sur le site d'étude et les modifications potentielles de ces schémas, afin d'évaluer l'impact sur le trait de côte et notamment celui de la baie de Somme,
- Evaluer les phénomènes hydro-sédimentaires autour de chacune des éoliennes, permettant notamment le pré-dimensionnement des éventuels systèmes anti-affouillement autour des fondations.

Une modélisation par éléments finis de la Manche Est a été réalisée ; ce modèle a été construit avec un maillage plus serré (c'est-à-dire un affinement du modèle) sur le site du projet Les Deux Côtes comme décrit dans le tableau suivant.



La Manche Est a été modélisée numériquement à l'aide d'un maillage. L'affinement variable de la zone d'étude comme le montre la figure ci-dessus permettra de voir les effets de l'implantation du parc depuis le pied de la fondation jusqu'au trait de côte. En effet, ce maillage s'affine de plus en plus, tout d'abord sur la zone proche du site (Côte d'Albâtre et Côte Picarde) puis autour du parc d'éoliennes en mer et plus particulièrement sur la zone d'implantation du parc des « Deux Côtes », dans sa configuration « Large ».

L'environnement a été modélisé en prenant en compte la houle, le courant, les marées, les profondeurs d'eau, la turbulence marine, la pression atmosphérique, le vent et la nature du fond marin. En particulier, différents coefficients de marée extrêmes et d'événements d'agitation de la mer exceptionnels ont été simulés. La modélisation hydrodynamique a été calibrée grâce à une base de données statistique construite à partir des données réelles enregistrées par deux bouées houlographiques locales sur plusieurs années. Les sédiments du fond marin ont été modélisés à partir de données granulométriques issus de prélèvements réalisés sur site. Ainsi une bonne connaissance des conditions de mise en mouvement et des schémas de transport sédimentaire locaux a permis de modéliser les processus hydro-sédimentaires.

Les deux types de fondations suivants ont été considérés et donc modélisés:

- éoliennes avec des fondations type monopieu (tube en acier enfoncés dans le fond marin) ; et,
- éoliennes avec des fondations gravitaires (support en béton dépassant la surface de l'eau et posé sur le fond aménagé de façon adéquat) ;

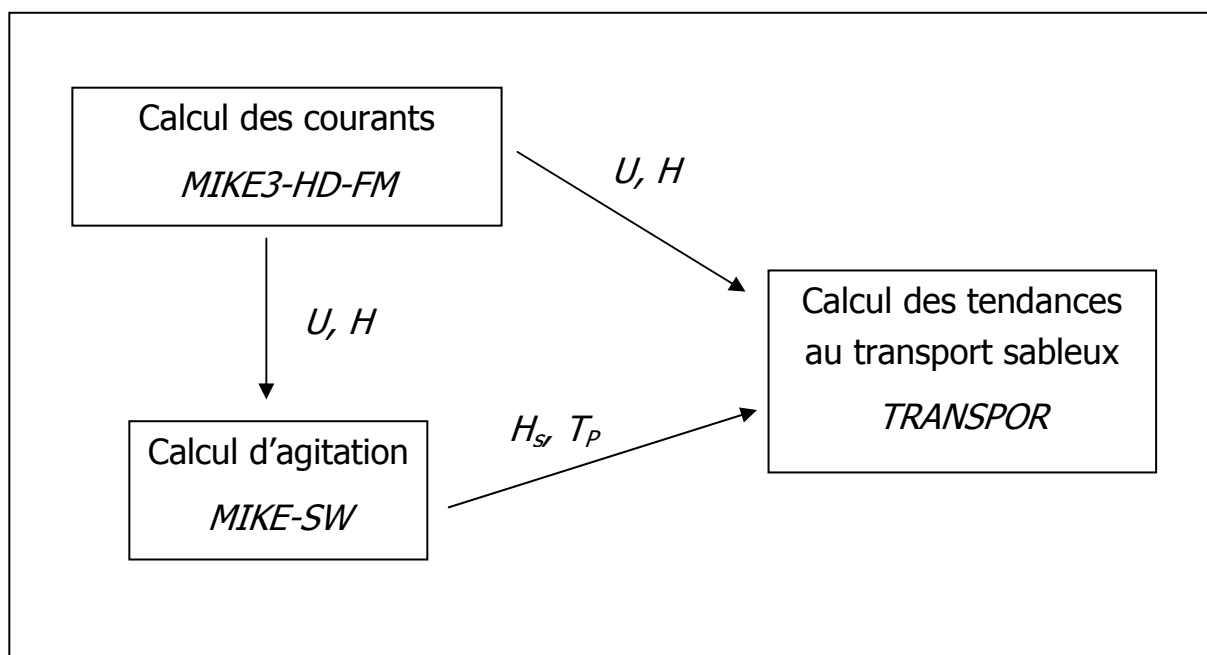
Les simulations courantologiques sont réalisées à l'aide du modèle MIKE 3D-HD-FM en éléments finis.

Les calculs d'agitation sont réalisés avec le modèle MIKE 21-SW basée sur la résolution des équations de la conservation de l'énergie des vagues.

A partir des résultats des modèles courantologiques et d'agitation, les calculs de transport hydro-sédimentaire sont réalisés avec le modèle de transport sableux TRANSPOR (Van Rijn, 1993). Pour exprimer les flux sédimentaires, le modèle TRANSPOR tient compte de l'intensité et de la direction du courant, des conditions d'agitation (caractérisées par la hauteur, la direction de propagation et la période des vagues), de la hauteur d'eau et des caractéristiques (principalement le diamètre) des grains de sable.

Les résultats des simulations hydrodynamiques sont donc utilisés en tant que variables d'un modèle de transport de sédiments sableux. L'objectif d'un tel modèle est de contribuer à l'évaluation des modifications de la dynamique sédimentaire sur le site d'étude par la mise en place des fondations des éoliennes. La modélisation hydro-sédimentaire apporte en effet des éléments pour préciser les modifications induites. Une expertise, basée sur une synthèse bibliographique est associée aux modélisations hydro-sédimentaires.

La méthodologie et les outils de modélisation utilisés pour cette étude sont largement éprouvés dans le domaine des études hydro-sédimentaires et leur fonctionnement peut se schématiser comme il suit :



1.3 Principaux résultats

Hydrodynamique

Les études réalisées ont donc permis de déterminer les conditions hydrodynamiques requises pour le dimensionnement des installations et des valeurs statistiques pour l'orientation des plannings de chantier/maintenance. De plus, les impacts du champ d'éoliennes vis-à-vis des modifications des conditions hydrodynamiques sont évalués. Les courants les plus intenses sont localisés au sud-ouest du parc éolien avec des vitesses dépassant 1.1 m/s en surface et 0.8 m/s au fond. Pour une période de retour centennale et un niveau de pleine mer de vive-eau moyenne, les hauteurs de houle significatives sont supérieures à 6.5 m sur l'ensemble du parc éolien et peuvent dépasser 7.5 m au sud-ouest du parc.

Hydro-sédimentaire

Les modèles permettent donc de voir les effets des paramètres environnementaux i.e. courant et houle sur le fond marin et sur le trait de côte notamment la baie de Somme via l'étude de leur influence sur le déplacement des sédiments mis en suspension.

En moyenne sur une période de marée, en condition de vive-eau, les flux sédimentaires sur le parc éolien sont compris entre 0.005 et 0.02 kg/m/s et globalement orientés vers l'Est Nord-Est c'est-à-dire dans la direction du courant lors du maximum de flot (courant de marée haute). Ces flux sédimentaires sont donc caractéristiques d'un transport dominé par l'action des courants de flot. La contribution des vagues à la dynamique sédimentaire est significative sur l'ensemble du parc éolien, en raison des faibles profondeurs (inférieures à 30 m). Pour des vagues de secteur Ouest et de période de retour mensuelle (hauteurs significatives comprises entre 2 m et 2.6 m sur le parc), les intensités des transports solides sont comprises entre 0.008 et 0.03 kg/m/s en condition de marée de vive-eau. L'effet des vagues est également de réorienter les transports vers l'Est, dans une direction pour laquelle l'interaction entre les vitesses orbitales liées à la houle et les courants, est maximale.

2. Impacts du projet sur l'hydrodynamique et la dynamique sédimentaire

Impact hydrodynamique

Les résultats des simulations courantologiques prenant en compte la présence d'éoliennes, à fondation gravitaire ou monopieu, montrent que les modifications des vitesses des courants dépassant quelques %, restent localisées dans le champ proche des machines. L'effet de groupe de l'ensemble des éoliennes du parc est très peu significatif. En effet, en amont comme en aval du parc (par rapport à la direction de l'écoulement), il n'y a pas de diminution des courants supérieure à 2-3% au-delà de 1 km des limites des installations ; puis, les modifications des conditions hydrodynamiques originelles s'estompent au fur et à mesure de l'éloignement du parc, jusqu'à se faire inexistantes bien avant le trait de côte qui se trouve à 14 km du parc.

Les écoulements tourbillonnaires autour d'un obstacle de type pieu vertical cylindrique sont deux de type : « horseshoe » (fer à cheval en amont de la fondation) et « Lee-Wake » en aval de la fondation. La figure ci-après schématise ces deux types d'écoulement tourbillonnaire.

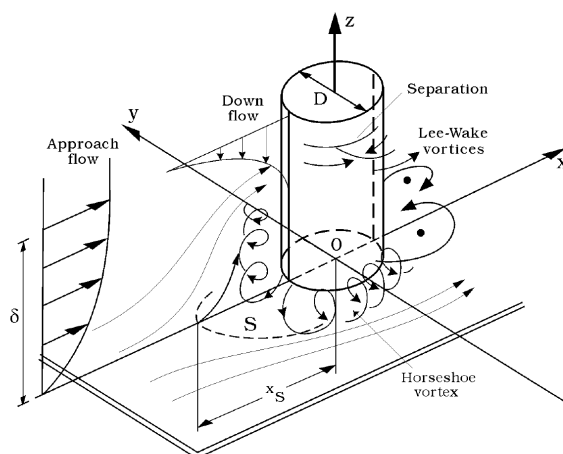


Figure : schématisation des écoulements tourbillonnaires autour d'un obstacle de type pieu vertical (Sumer et Fredsoe, 2002)

La propagation des conditions d'agitation (houle) est également très peu modifiée par le champ d'éoliennes. Les résultats des modélisations de l'agitation en condition annuelle montrent qu'au-delà de 200 m des limites du parc, les

modifications restent inférieures à 0.5 %. Ces modifications s'estompent ensuite avec l'éloignement des limites du parc, jusqu'à devenir inexistantes des kilomètres avant la côte.

A l'échelle de la zone d'étude, les effets du monopieu et de la base gravitaire avec système anti-affouillement sont du même ordre et négligeables sur les conditions hydrodynamiques environnantes. L'ensemble des résultats des simulations hydrodynamiques indique que la présence des fondations des éoliennes a des effets négligeables sur les caractéristiques hydrodynamiques autour du site, quelque soient les conditions de courant et les conditions d'agitation (houle).

Impact hydro-sédimentaire

Le modèle hydro-sédimentaire a permis d'évaluer les modifications de la dynamique sédimentaire à grande échelle induites par la mise en place de l'ensemble des éoliennes du parc offshore. Les modifications des flux sédimentaires induites par les deux types de fondations envisagées, fondations de type gravitaire ou monopieu, restent globalement faibles au regard de la variabilité spatiale naturelle des transports sédimentaires.

Les seules modifications significatives de la dynamique sédimentaire seront donc à prévoir à l'intérieur du parc éolien et se caractériseront principalement par des modifications morphologiques et de répartition granulométrique du sédiment superficiel dans un rayon correspondant à environ 3 à 4 fois le diamètre de la fondation. Sur le reste du parc ainsi qu'à l'extérieur du parc, la mise en place des fondations des éoliennes induira des modifications négligeables en comparaison des variabilités naturelles spatiale et temporelle de la dynamique sédimentaire du site. La mise en place du parc éolien n'aura pas d'incidence sur les évolutions du trait de côte.

3. Mesures envisagées par le maître d'ouvrage

Le constat de l'étude est que les turbulences de sédiments mis en suspension aux pieds des éoliennes sont localisées ; donc les processus de transport des sédiments du littoral ne sont pas modifiés ; les courants de marée (flot et jusant) ne sont pas modifiés, et notamment dans la baie de Somme où ils sont intenses. Autrement dit la mise en place du parc éolien n'aura pas d'incidence sur les évolutions du trait de côte.

Par contre l'étude tend à montrer que des modifications morphologiques à l'intérieur du parc sont à prévoir, en effet la présence notable de ridins qui sont des dunes sous-marines dont la forme est instable est mise en exergue. Les ridins peuvent évoluer naturellement mais de façon difficilement prévisible donc difficilement modélisable, autrement dit l'étude explique que ces hydromorphologies présentes dans le parc évolueront certainement localement mais sans conséquence sur le trait de côte ; Quoiqu'il en soit, le maître d'ouvrage envisage d'éviter d'installer les éoliennes sur ces mêmes ridins.