

MAN Diesel

PROJETS DE GENERATEURS DIESEL D'ELECTRICITE A LA REUNION

Modélisation du rejet d'eau de mer sur le milieu marin

RAPPORT 1082090RA3indA

La Rochelle, Février 2009
Dossier 1082090



Siège Social CREOCEAN
Zone Technocéan / Chef de Baie
Rue Charles Tellier
17000 La Rochelle - France
Tél : 05.46.41.13.13
Fax : 05.46.50.51.02
e-mail : creocean@creocean.fr
web : www.creocean.fr

SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION – CONTEXTE DE L'ETUDE	1
2 - METHODOLOGIE.....	1
3 - MODELE NUMERIQUE DE CALCUL DES COURANTS.....	2
3.1 -CONSTRUCTION DU MODELE	2
3.1.1 - Principe – Logiciel utilisé.....	2
3.1.2 - Domaine de calcul, maillage et bathymétrie	3
3.1.3 - Conditions aux limites	4
3.1.3.1 - Marée	4
3.1.3.2 - Vent4	
3.2 - SIMULATION DES COURANTS.....	4
4 - SIMULATION DU PANACHE DE REJET.....	6
4.1 - INTRODUCTION	6
4.2 - CAS SIMULES	6

1 - INTRODUCTION – CONTEXTE DE L'ETUDE

Dans le cadre du projet de construction de générateur diesel d'électricité sur le site de Port Est à la Réunion, EDF a confié à CREOCEAN l'évaluation de l'incidence d'un rejet d'eau sur-salée et plus chaude que le milieu marin.

Cette évaluation passe par :

- La réalisation d'un modèle hydrodynamique 3D, permettant de réaliser des simulations de rejet d'eau dans le milieu marin,
- L'évaluation des incidences de ce rejet sur les conditions du milieu marin environnant, sur la base des résultats des simulations.

Le présent rapport, joint en annexe de l'étude d'impact, présente les modélisations réalisées. L'analyse des résultats est présentée dans l'étude d'impact.

2 - METHODOLOGIE

L'étude par modélisation a été réalisée en trois étapes successives :

- Tout d'abord, la collecte de l'ensemble des données disponibles sur la zone, nécessaire à la modélisation, a été effectuée.
- Ensuite, la mise en place et le calage du modèle de courantologie ont été menés, à l'aide du modèle MIKE3D.
- Enfin, la simulation du panache de rejet et de la dilution de ce panache ont été mises en œuvre, afin de disposer de résultats pour évaluer les impacts liés à un rejet d'eau sur-salée (+40%) et de température plus élevée (+3°C) que le milieu ambiant.

3 - MODELE NUMERIQUE DE CALCUL DES COURANTS

3.1 -Construction du modèle

3.1.1 -Principe – Logiciel utilisé

La modélisation numérique des processus hydrodynamiques est un moyen puissant, largement utilisé et validé depuis plusieurs années, pour l'étude d'un site et/ou des conséquences d'un projet sur les conditions naturelles. Cet outil permet, par la résolution des équations qui régissent les mouvements des masses d'eau (mécanique des fluides), de connaître sur une zone géographique donnée les fluctuations dans le temps et dans l'espace, des courants et des niveaux d'eau pour différentes conditions météo océanographiques.

Les simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel MIKE-3D, mis au point par le Danish Hydraulic Institute (DHI) et présentant une très bonne fiabilité des résultats. Ce code résout, par une méthode dite aux éléments finis sur des maillages triangulaires, les équations tridimensionnelles de l'hydraulique (avec l'hypothèse de pression hydrostatique et surface évolutive au cours du temps) et de transport-diffusion de grandeurs intrinsèques (**température**, **salinité**, concentration) pour les écoulements tridimensionnels à surface libre de type fluvial ou maritime.

On détermine ainsi en chaque point de maillage du domaine, et à différentes profondeurs, les composantes verticales et horizontales de la vitesse et la concentration des variables (telles que la température ou la salinité) transportées. Le modèle calcule également la hauteur d'eau en tout point du domaine et à chaque pas de temps.

Le code de calcul est capable de prendre en compte de nombreux phénomènes. Pour la présente étude, les phénomènes suivants ont été pris en compte :

- Marée,

- Frottement sur le fond,
- Influence de la force de Coriolis,
- Recouvrement/découvrement des zones intertidales,
- Turbulence, par des modèles simples ou complexes (e.g. K-Epsilon) avec prise en compte des effets liés à la force d'Archimède (flottabilité),
- Sources et puits de fluide et de quantité de mouvement à l'intérieur du domaine,
- Influence de phénomènes météorologiques : pression atmosphérique et vent,
- Influence de la température et de la salinité sur la densité.

3.1.2 -Domaine de calcul, maillage et bathymétrie

Le domaine de calcul est centré sur le site de port-Est et s'étend sur plus d'une vingtaine de kilomètres vers le Sud-Ouest et le Nord-Est.

Le maillage en éléments finis autorise une grande souplesse dans la représentation de zones complexes et dans la distorsion entre mailles, ce qui permet de raffiner localement les mailles aussi précisément que voulu.

Autour de chacun des 2 points de rejet envisagés, les éléments ont une taille d'une dizaine de mètres. La taille des éléments augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la zone d'intérêt pour atteindre une dimension de l'ordre du kilomètre au niveau des limites marines.

La **figure M1** présente un zoom du domaine de calcul autour du site d'étude ; les points de rejet envisagés (respectivement à l'intérieur du port et au Nord-Est de la zone portuaire) y sont localisés.

Une bonne représentation des profondeurs est essentielle pour la précision des calculs de courantologie.

Le modèle numérique de terrain représentatif des profondeurs a été réalisé à partir de l'ensemble des données bathymétriques disponibles.

3.1.3 - Conditions aux limites

Outre la bathymétrie, la mise en œuvre du modèle présuppose la connaissance des conditions aux limites du domaine. Dans cette étude, on peut distinguer 2 types de forçages : les niveaux d'eau induits par la marée et le vent.

3.1.3.1 - Marée

Les variations de niveau d'eau aux limites du modèle ont été spécifiées à partir de l'application du logiciel PREDIT (SHOM) aux composantes harmoniques de marée fournies par le SHOM.

3.1.3.2 - Vent

L'influence du vent sur les courants, notamment en surface, est primordiale. Le modèle tridimensionnel permet une prise en compte appropriée des effets du vent sur le plan d'eau. L'application d'un vent uniforme permet la simulation de cas « types », notamment en conditions d'alizé soufflant depuis le Nord-Est et entraînant les masses d'eau le long du littoral Nord de la Réunion..

3.2 - Simulation des courants

La connaissance de la courantologie sur la zone est un préalable indispensable pour l'évaluation des impacts du rejet thermique. En effet, seule une bonne représentation des courants permettra de simuler le panache de façon correcte.

Les calculs des courants sont mis en œuvre pour 3 configurations :

- Marée de vive-eau seule (sans vent)
- Marée de vive-eau associée à un vent de Nord Est (Direction 45°N), d'intensité 7 m/s
- Marée de morte-eau seule (sans vent)

Les **figures M3** et **M4** montrent les courants en flot et en jusant sur le site d'étude, pour les couches de surface et de fond pour une marée de vive-eau et un vent de Nord-Est (45°N) soufflant à 7 m/s ; une telle condition de vent étant une condition d'occurrence élevée.

Les **figures M5** et **M6** montrent les champs de courant simulés pour une condition de marée de morte-eau sans vent. Il faut noter qu'il s'agit d'une configuration peu fréquente, les périodes sans vent sur une durée couvrant plusieurs marées successives étant très rares. Une telle condition hydrodynamique est cependant intéressante à prendre en compte dans le cadre de cette étude car elle est potentiellement liée à un relatif faible renouvellement des eaux et constitue donc un cas maximaliste vis-à-vis des impacts liés au rejet d'une saumure.

Les résultats des simulations courantologiques réalisées indiquent principalement :

- des courants globalement orientés vers le Nord-Est en flot et vers le Sud-Ouest en jusant
- une asymétrie flot/jusant marquée, avec des vitesses de courant en jusant nettement supérieures aux vitesses de courant en flot
- en fonction des courants de marée, une tendance à la recirculation au niveau de la baie de la possession en période de flot ; cet effet peut être rapidement masqué par l'influence du vent compte tenu de la faible intensité des courants induits par la recirculation
- une contribution significative du vent à l'entraînement des masses d'eau, en particulier pour les couches de surface
- des orientations des courants distinctes pour les couches de fond et de surface : les courants de la couche de surface sont majoritairement orientés dans l'axe du vent tandis que les courants de la couche de fond sont plutôt orientés dans l'axe du trait de côte
- des directions de courant pouvant être inversées entre la surface et le fond à l'entrée du port

4 - SIMULATION DU PANACHE DE REJET

4.1 - Introduction

L'objectif principal des simulations est de disposer d'éléments pertinents pour l'évaluation des impacts liés à la dispersion du panache selon différentes conditions hydrodynamiques.

Il s'agit de simuler l'advection et la dispersion d'un panache lié à un rejet d'eau sur-salée (+40%) et de température plus élevée (+3°C) que le milieu ambiant, et selon une condition de débit établi égal à 15.5 m³/h. L'advection/dispersion d'un traceur passif est également simulée pour pouvoir évaluer la dilution des différentes substances dissoutes associées au rejet. De plus, pour caractériser les opérations de maintenance, des simulations sont à réaliser pour un débit de 25.5m³/h avec 24% d'augmentation de la salinité.

4.2 - Cas simulés

Des tests de sensibilité préliminaires ont notamment permis de préciser le temps nécessaire pour atteindre un régime établi, c'est-à-dire le temps à partir duquel il n'y a plus de tendance globale croissante de la concentration des différentes grandeurs physiques considérées (température, salinité et traceur passif). Ce temps dépend d'une part des conditions hydrodynamiques, qui déterminent le renouvellement des eaux, et d'autre part du débit d'eau et des concentrations rejetées.

Les dispersions du panache ont donc été simulées pour un rejet d'eau de mer en continu, respectivement durant 3 jours en condition de marée de vive-eau et durant 6 jours en condition de marée de morte-eau.

Les simulations du devenir du panache lié au rejet ont été réalisées :

- En condition de marée de Vive-eau avec un vent de Nord-Est (direction 45°N), d'intensité de 7 m/s
- En condition de marée de vive-eau sans vent.
- En condition de marée de morte-eau sans vent

- Pour un rejet dans le port, en surface
- Pour un rejet au large, au fond

Les caractéristiques du rejet sont les suivantes :

- Débit $15.5 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta T = +3^\circ\text{C}$, $\Delta S = +40\%$

Au total, 6 simulations de rejet de panache ont donc été effectuées.

Pour chaque cas considéré, les figures de résultat représentent l'augmentation dans la couche de surface et dans la couche de fond de :

- la salinité
- la température
- la concentration d'un traceur passif

En chacune des mailles du modèle et pour chacune des grandeurs physiques considérées, c'est la valeur maximale atteinte au cours de la simulation qui est considérée. Une telle représentation des résultats est pertinente pour évaluer les impacts du rejet sur le milieu marin.

Le tableau suivant indique les différentes simulations mises en œuvre et les numéros de figure associés.

Des simulations ont également été réalisées pour un débit de $25.5 \text{ m}^3/\text{h}$ avec 24% d'augmentation de salinité, caractérisant un rejet en régime de vidange du réservoir de backwash. Il s'avère que les résultats sont quasiment similaires, étant donné que l'augmentation de débit est compensée par une diminution de la salinité d'une part et que les effets de densité sur l'écoulement sont peu significatifs d'autre part. Les simulations en régime de vidange n'ont donc pas été poussées plus loin.

Rejet dans le port (surface) : 15.5m ³ /h $\Delta T = +3^{\circ}\text{C}$ $\Delta S = +40\%$	VE + Vent NE (7 m/s)	Température : Figure M7 Salinité : Figure M13 Concentration : Figure M21
	VE sans vent	Température : Figure M8 Salinité : Figures M14 et M15 Concentration : Figures M22 et M23
	ME sans vent	Température : Figure M9 Salinité : Figures M16 et M17 Concentration : Figures M24 et M25
Rejet au large (fond) : 15.5m ³ /h $\Delta T = +3^{\circ}\text{C}$ $\Delta S = +40\%$	VE + Vent NE (7 m/s)	Température : Figure M10 Salinité : Figure M18 Concentration : Figures M26
	VE sans vent	Température : Figures M11 Salinité : Figure M19 Concentration : Figure M27
	ME sans vent	Température : Figures M12 Salinité : Figure M20 Concentration : Figure M28