

RAPPORT

Modélisation des rejets dans le lagon de Mayotte

Rapport d'étude

Septembre 2024

LES EAUX DE MAYOTTE

LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

CLIENT : LES EAUX DE MAYOTTE

COORDONNÉES	BP 289 – ZI Kawéni, 97600 Mamoudzou
INTERLOCUTEUR	Steeves GUY Tél.: 02.69.62.11.11 E-mail : steeves.guy@eauxdemayotte.yt

CREOCEAN

COORDONNÉES	SIEGE SOCIAL Zone Technocéan – Chef de Baie – Rue Charles Tellier 17000 LA ROCHELLE Tél. : 05 46 41 13 13 - Fax : 05 46 50 51 02 E-mail : creocean@creocean.fr
INTERLOCUTEUR	Monsieur Gaëtan DUFOUR Tél. : 07 88 86 41 57 E-mail : gaetan.dufour@creocean.fr

RAPPORT

TITRE	Modélisation des rejets dans le lagon de Mayotte Rapport d'étude
NOMBRE DE PAGES TOTAL (hors annexes)	39
NOMBRE D'ANNEXES	4

VERSION

RÉFÉRENCE	VERSION	DATE	REDACTEUR	CONTRÔLE QUALITE
221288_Rejets_Mayotte	V1	03/04/2024	GDU	FBR
221288_Rejets_Mayotte	V2	07/06/2024	GDU	FBR
221288_Rejets_Mayotte	V3	26/07/2024	GDU	FBR
221288_Rejets_Mayotte	V4	09/09/2024	GDU	FBR
221288_Rejets_Mayotte	V5	07/10/2024	GDU	FBR

Sommaire

Contexte et objet du rapport.....	7
1. Hydrodynamisme global	8
1.1. Courantologie à l'échelle du lagon	8
1.2. Houle à l'échelle du lagon.....	11
2. Données d'entrée	13
2.1. Points de rejets étudiés	13
2.2. Niveaux de rejet et débits des rejets saumâtres	14
2.3. Autres caractéristiques des rejets de l'usine de dessalement.....	14
2.4. Régime de vent	14
2.5. Conditions de houle	17
2.6. Conditions de marée	17
2.7. Conditions de température et de salinité de la mer.....	17
2.8. Bathymétrie de la zone d'étude	18
3. Mise en œuvre du modèle hydrodynamique 3D	20
3.1. Maillage	20
3.2. Validation du modèle hydrodynamique et comparaison avec les mesures	21
3.2.1. Données utilisées pour la validation.....	21
3.2.2. Résultats de la validation	22
3.3. Simulation hydrodynamique	25
3.3.1. Marée	25
3.3.2. Forçage atmosphérique	27
4. Modélisation de la diffusion des rejets.....	31
4.1. Modélisation court terme de la diffusion des rejets	31
4.1.1. Diffusion de panache d'eaux sursalées : Point de rejet P1.....	32
4.1.2. Diffusion de panache d'eaux sursalées : Point de rejet P2.....	35
4.1.3. Diffusion de panache d'eaux sursalées : Point de rejet P3.....	37
4.1.4. Diffusion du panache d'eaux sursalées : Point de rejet P4.....	39
4.1.5. Diffusion du panache de réactif, de MES, de température et du pH sur P4.....	43
4.2. Modélisation long terme de la diffusion des eaux sursalées	50
4.2.1. Diffusion à long terme de panache d'eaux sursalées : Point de rejet P2	51
4.2.2. Diffusion à long terme de panache de saumure : Point de rejet P4.....	52

5. Synthèse et conclusion.....	56
Annexes.....	57

Liste des Figures

<i>Figure 1.1 : Localisation du projet dans l'Est du lagon de Mayotte.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 2 : Localisation des 4 points de rejet modélisés.....</i>	<i>13</i>
<i>Figure 2.3 : Rose de vent (Annuelle) au niveau des points de rejet (classes de vitesses en m/s)</i>	<i>15</i>
<i>Figure 2.4 : Roses des vents (gauche : avril-septembre ; droite : octobre-mars).....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 2.5 : Comparaison des roses des vents sur l'année 2023 (gauche : modèle ERA5 ; droite : observations synoptiques).....</i>	<i>16</i>
<i>Figure 2.6 : Comparaison des séries temporelles des vitesses et des directions de vent entre le modèle ERA5 et les observations synoptiques</i>	<i>16</i>
<i>Figure 2.7 : Série annuelle de température en surface et au fond au point de grille le plus proche</i>	<i>18</i>
<i>Figure 2.8 : Série annuelle de salinité en surface et au fond au point de grille le plus proche ..</i>	<i>18</i>
<i>Figure 2.9 : Bathymétrie du lagon Est de Mayotte configurée pour le modèle hydrodynamique 'Telemac3D'.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 3.1 : maillage déstructuré associé au modèle hydrodynamique mis en œuvre dans le lagon Est de Mayotte.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 3.2 : Position des capteurs de mesures in-situ (ObsC et ObsL) et du point de rejet n°1 (R)</i>	<i>21</i>
<i>Figure 3.3 : Roses de courant moyenné sur la verticale observé pendant la période Août-Octobre 2023 au niveau du point de mesure à la côte (gauche) et au large (droite)</i>	<i>22</i>
<i>Figure 3.4 : Comparaison entre les sorties du modèle du courant intégré sur la verticale avec les observations du courant observé au niveau de la station située au large</i>	<i>23</i>
<i>Figure 3.5 : Comparaison entre les sorties du modèle du courant intégré sur la verticale avec les observations du courant observé au niveau de la station située à la côte.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 3.6 : Roses de courant moyenné sur la verticale issues des résultats de simulation du modèle hydrodynamique pendant la période Août-Octobre 2023 au niveau du point de mesure à la côte (gauche) et au large (droite).....</i>	<i>24</i>
<i>Figure 3.7 : Exemple de champ de courant de fond par marée montante</i>	<i>25</i>
<i>Figure 3.8 : Exemple de champ de courant de surface par marée montante</i>	<i>25</i>
<i>Figure 3.9 : Exemple de champ de courant de fond par marée descendante.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 3.10 : Exemple de champ de courant de surface par marée descendante.....</i>	<i>26</i>

Figure 3.11 : Champs de courant de fond par vent de secteur NNO en marée moyenne montante	27
Figure 3.12 : Champs de courant de surface par vent de secteur NNO en marée moyenne montante	27
Figure 3.13 : Exemple de champ de courant de fond par vent de secteur NNO, par marée descendante	28
Figure 3.14 : Exemple de champ de courant de surface par vent de secteur NNO, par marée descendante	28
Figure 3.15 : Exemple de champ de courant de fond par vent de secteur SSE, par marée montante	29
Figure 3.16 : Exemple de champ de courant de surface par vent de secteur SSE, par marée montante	29
Figure 3.17 : Exemple de champ de courant de fond par vent de secteur SSE, par marée descendante	30
Figure 3.18 : Exemple de champ de courant de surface par vent de secteur SSE, par marée descendante	30

Contexte et objet du rapport

Dans le cadre d'une étude d'incidence des rejets de la future usine de dessalement de Ironi Bé, dans l'Est du lagon de Mayotte, CREOCEAN est missionné pour effectuer des modélisations courantologiques de la diffusion des rejets. Cet objectif consiste à :

- ▶ Mettre en œuvre un modèle hydrodynamique 3D, basé sur un maillage fin créé pour le projet,
- ▶ Le valider par rapport à des mesures de courant in situ,
- ▶ Réaliser une étude de diffusion de panache des rejets en croisant différentes conditions.

Les caractéristiques prises en compte sont les suivantes :

- ▶ 4 localisations du point de rejet
- ▶ 4 paramètres caractéristiques des rejets : la diffusion des eaux sursalées, de solution antitartre, de MES et d'un panache thermique
- ▶ 3 conditions météorologiques types (vents fréquents de chacune des 2 saisons correspondant à 2 secteurs dominants distincts, et vent nul)
- ▶ 2 durées de simulation : à court terme sur 15j et à long terme sur 1 an

Le détail des données d'entrée et des simulations réalisées en croisant chacun de ces paramètres est précisé plus loin.

La zone d'étude est localisée dans l'est du Lagon de Mayotte, au droit d'Ironi Bé et à 3km des îlots MBouzi et Hajangoua.



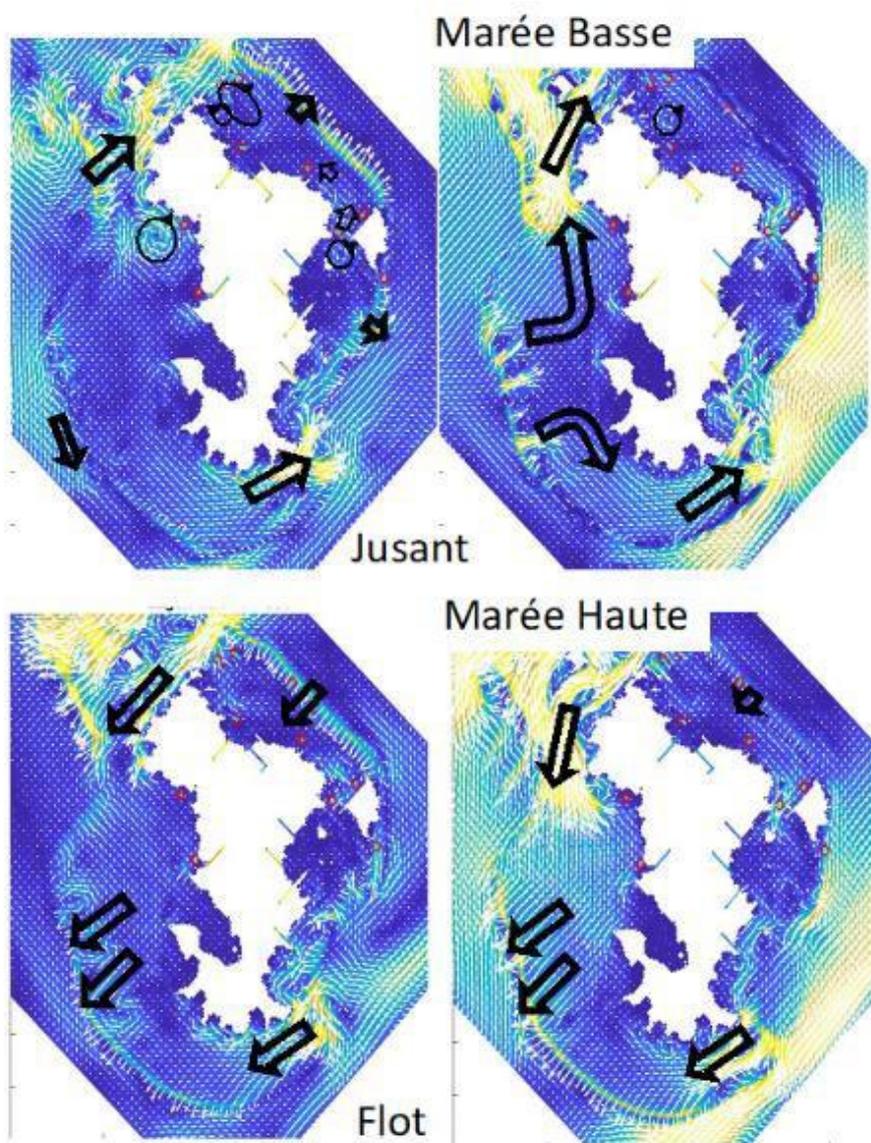
Figure 1.1 : Localisation du projet dans l'Est du lagon de Mayotte

1. Hydrodynamisme global

1.1. Courantologie à l'échelle du lagon

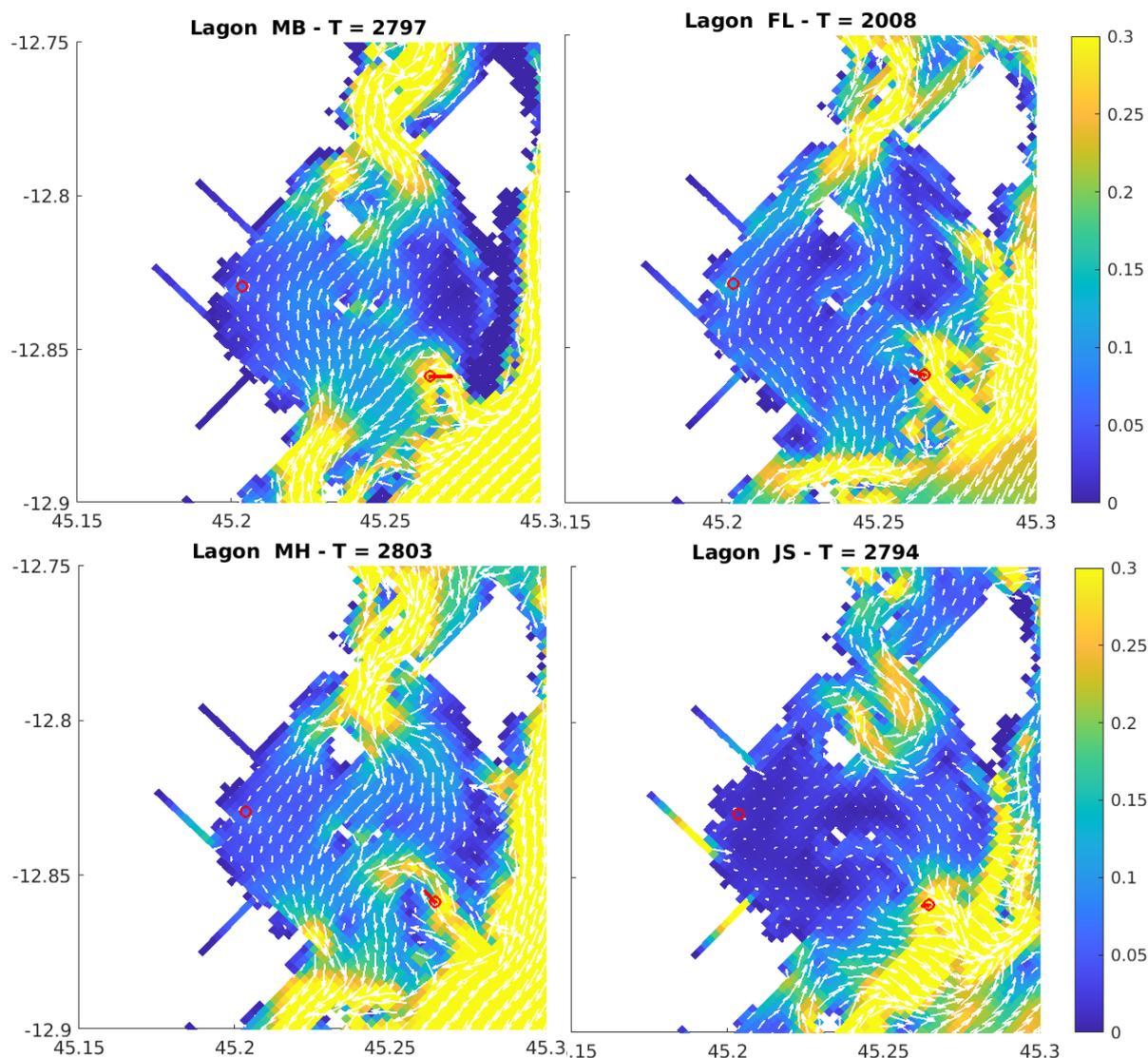
Une description de la courantologie de la zone est présentée ci-dessous d'après les modélisations effectuées à l'échelle du lagon par le PNMM (CASAGEC 2022) et le MIO (2024).

Dans un premier temps, les cartes ci-dessous rappellent qu'à l'échelle de Mayotte, la marée a un caractère propagatif. Globalement, le courant est maximal durant les moments d'étales et minimal au flot et au jusant. Au jusant et à marée basse, la marée vient du Nord-Ouest et la courantologie dominante est du sud-ouest vers le nord-est. Au flot et à marée haute, le courant vient du Sud-Est et le courant porte majoritairement vers le sud-ouest (MIO 2024).



Variabilité de la circulation hydrodynamique au cours du cycle tidal à l'échelle de Mayotte (MIO 2024)

LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



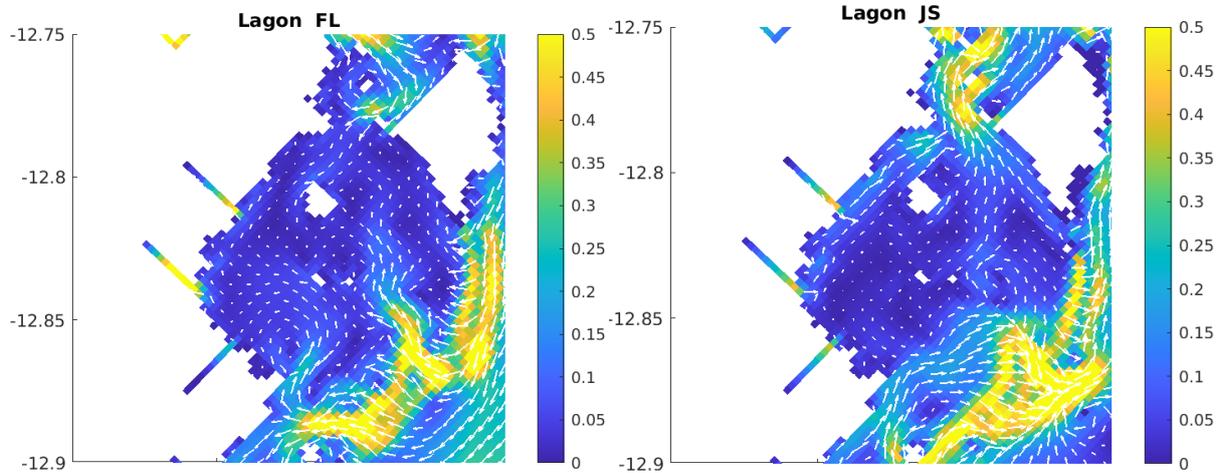
Variabilité de la circulation hydrodynamique au cours du cycle tidal à l'Est de Mayotte (MIO 2024)

Sur le secteur d'étude, la modélisation sur un cycle de marée par le MIO (2024), sans prise en compte du vent et de la houle, montre :

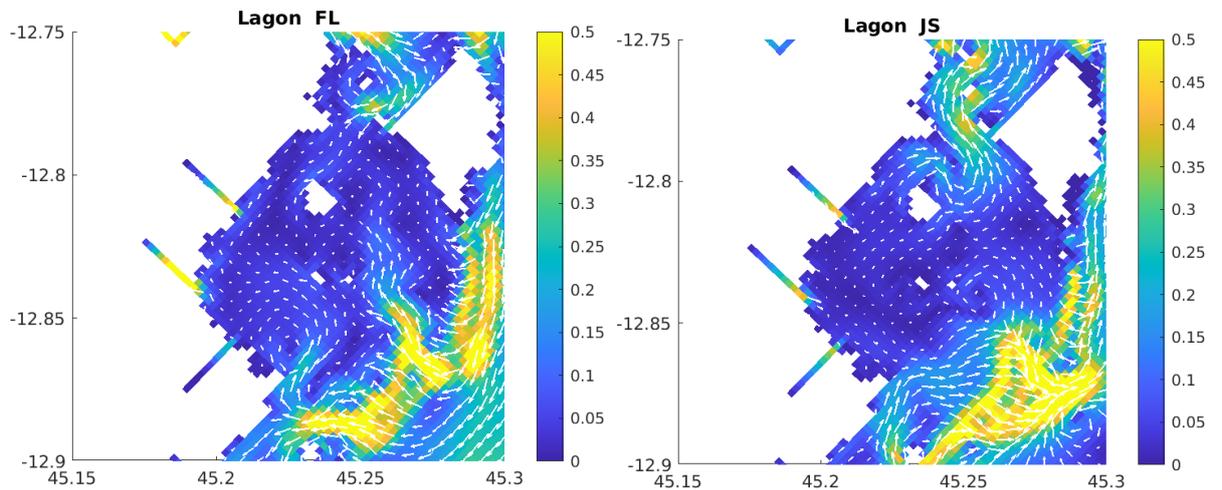
- Une courantologie faible, maximale au flot et à l'étalement de haute mer (entre 0,1 et 0,15 m/s)
- Une courantologie très faible au jusant (<0,05 m/s)
- Une direction globale vers le nord à l'étalement de basse mer, et vers le sud au flot et à l'étalement de haute mer.

Le vent influe sur ces schémas courantologiques. En mortes-eaux, le courant porte quasi-systématiquement dans la direction du vent. En vives-eaux, le courant garde parfois la direction dictée par la marée. C'est le cas au flot en Matoulahi, où le courant porte au sud malgré un vent en provenance du sud. Les planches ci-dessous présentent la courantologie en période de vives-eaux pour les différentes saisons (MIO 2024).

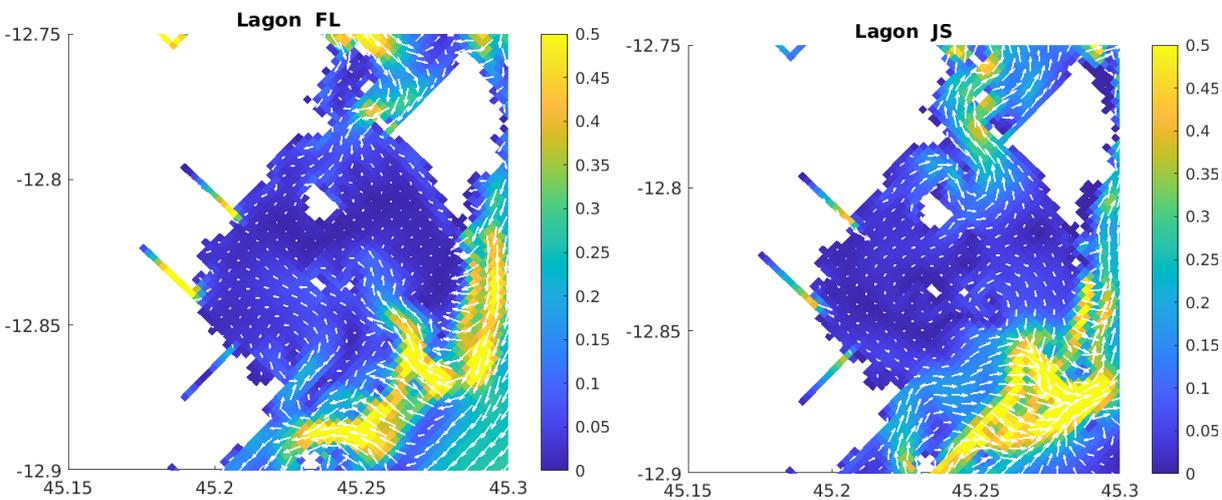
LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



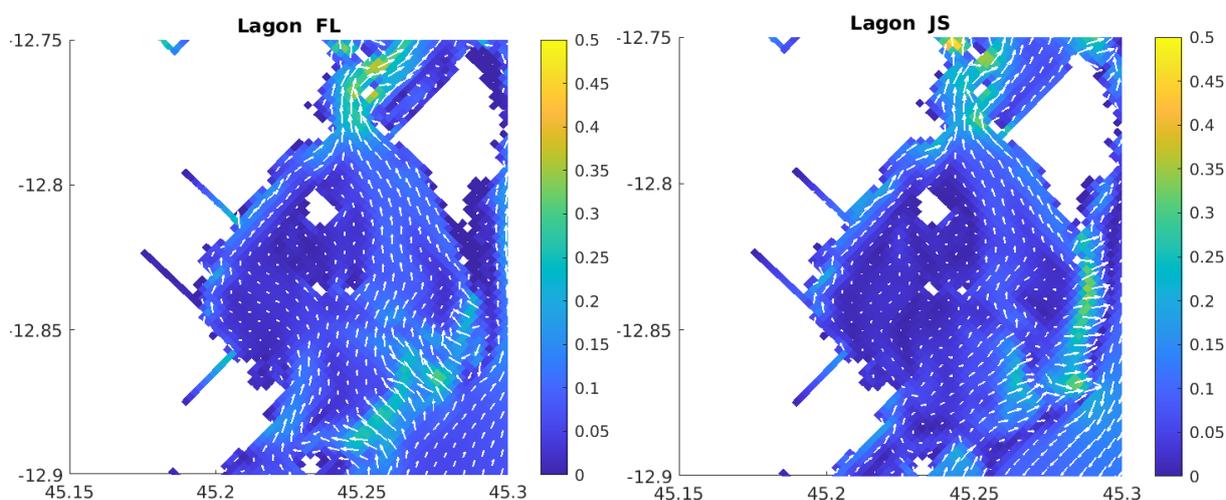
Circulation hydrodynamique au flot (gauche) et au jusant (droite) en vives-eaux et en Matoulahi, selon le scénario Houle de 2m, vent 10m/s, direction 150° (MIO 2024)



Circulation hydrodynamique au flot (gauche) et au jusant (droite) en vives-eaux et en Koussi, selon le scénario Houle de 2m, vent 10m/s, direction 210° (MIO 2024)



Circulation hydrodynamique au flot (gauche) et au jusant (droite) en vives-eaux et en Kashkasi, selon le scénario Houle de 2m, vent 10m/s, direction 330° (MIO 2024)



Circulation hydrodynamique au flot (gauche) et au jusant (droite) en vives-eaux et en Miombéni, selon le scénario Houle de 2m, vent 10m/s, direction 45° (MIO 2024)

L'ensemble de ces résultats indique une courantologie faible en baie d'Ironi Bé. Selon l'étude de Casagec 2022, les courants maximums en baie d'Ironi Bé sont de 0.2 m/s. Ils s'agit des courants de marée.

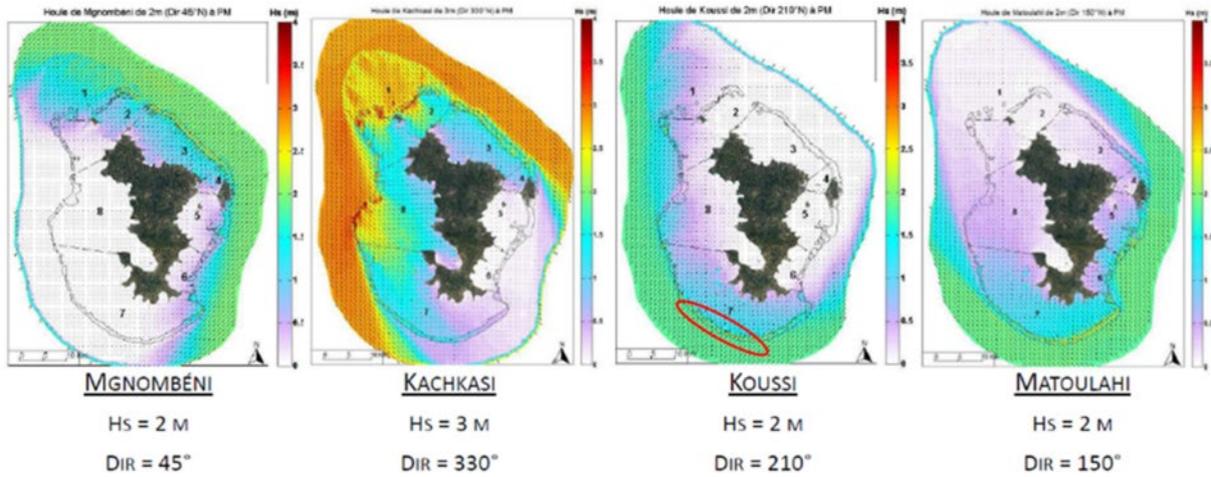
1.2. Houle à l'échelle du lagon

Les états de mer dans le lagon et à proximité immédiate du récif barrière ont été modélisés lors de l'étude courantologique de CASAGEC (2022) et montrent une influence forte de la saisonnalité, avec globalement :

- Un effet de haut-fond (shoaling) et déferlement au niveau du récif barrière
- Des conditions d'agitation calmes dans le lagon, fortement influencées par le niveau d'eau. A basse mer, le récif joue un rôle de barrière et les conditions d'agitation sont quasi-nulles dans le lagon.

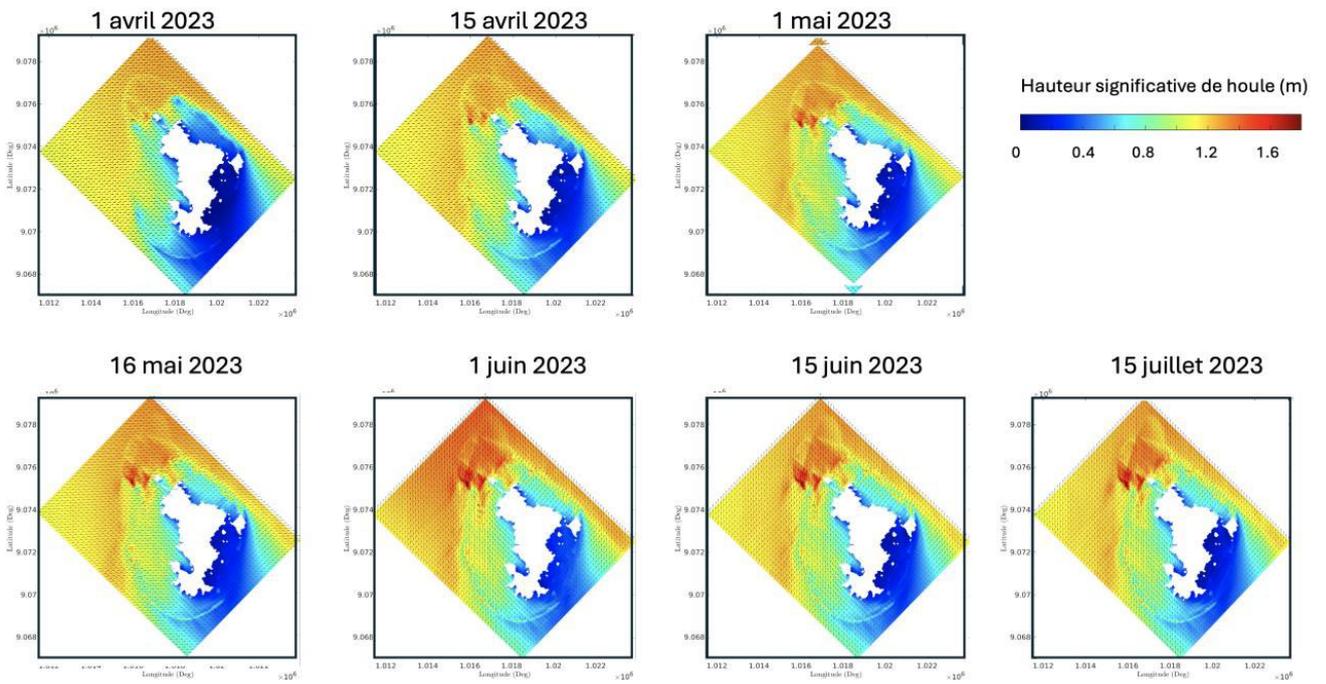
La baie d'Ironi Bé, fait partie des zones les moins soumises à l'agitation. Il y est recensé un maximum de 50 cm d'agitation en cas d'évènement de type Matoulahi, la période la plus pénalisante pour cette zone (CASAGEC 2022). La quasi-absence de houle sur le secteur est confirmée par les mesures de EXAIL (MIO 2024).

LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



Principaux états de mer selon la saisonnalité (CASAGEC, 2022)

Modélisation de la houle avec le modèle Swan. Année 2023



Variabilité de la houle entre avril et juillet 2023 (MIO 2024)

2. Données d'entrée

Les tableaux récapitulant les paramètres de chaque modélisation sont présentés dans le chapitre 4.1.

2.1. Points de rejets étudiés

Au fur et à mesure des échanges avec le Maître d'Ouvrage, les entreprises de travaux pressenties et les parties prenantes extérieures, le positionnement envisagé du rejet d'eaux sursalées a évolué.

Au total, 4 points P1 à P4 (dans l'ordre chronologique d'étude) ont fait l'objet d'une modélisation. Leurs coordonnées et les raisons de leur positionnement sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Les simulations de courant réalisées dans les 3 conditions climatiques représentatives (cf 2.4) montrent que la courantologie est similaire sur ces 4 points.

Point	Longitude	Latitude	Profondeur	Description
P1	45,2061530	-12,8286400	-25m	Point proposé dans le programme fonctionnel détaillé (PFD) du dossier de consultation
P2	45,2043730	-12,8282050	-23,5m	Point PFD raccourci de 200m au vu de l'absence d'influence des rejets sursalés
P3	45,2063182	-12,8269695	-25m	Point PFD décalé au nord pour s'éloigner des massifs coralliens profonds
P4	45,2026735	-12,8266169	-20m	P3 raccourci de 400m au vu de l'absence d'influence des rejets sursalés, pour se positionner dans une zone avec un minimum d'épaisseur de vase (réduction des travaux d'ancrage, donc du coût, du délai et de l'ampleur du panache turbide)

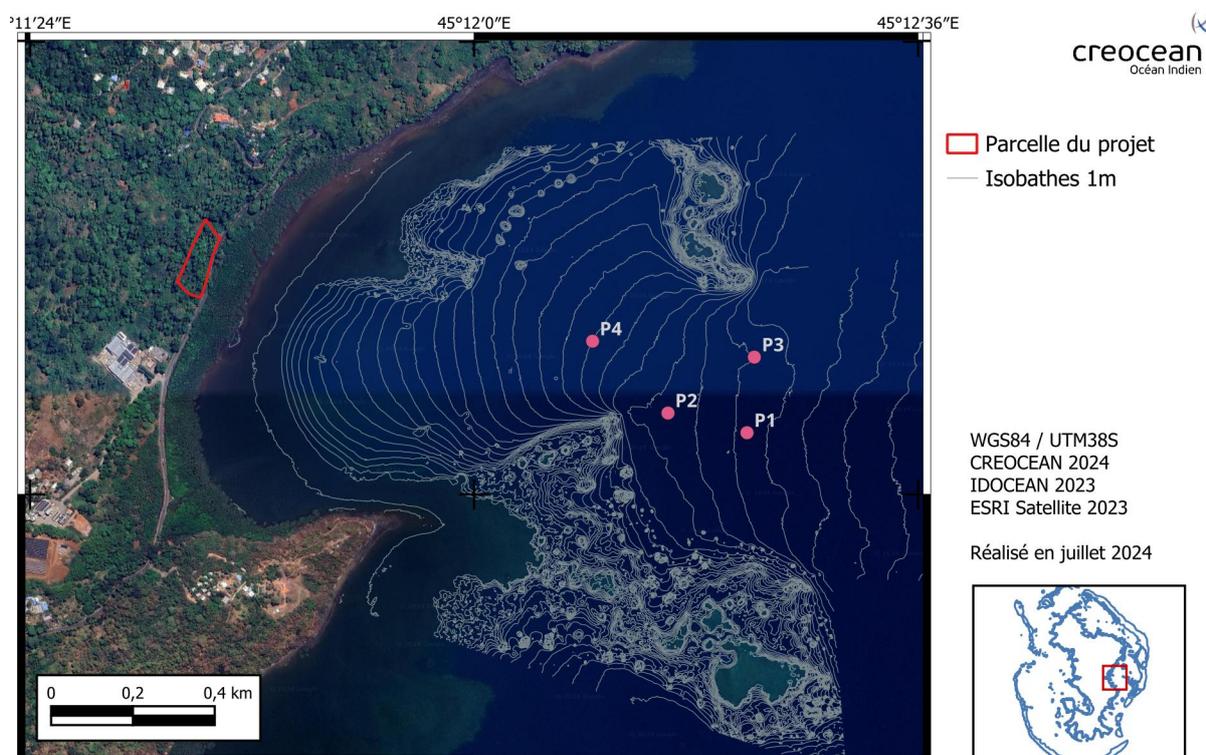


Figure 2 : Localisation des 4 points de rejet modélisés

2.2. Niveaux de rejet et débits des rejets saumâtres

Le tableau suivant donne les caractéristiques des rejets possibles, retenus ou non dans les simulations selon les différentes localisations des points de rejet. Les rejets se font au fond, via un nombre de diffuseurs dépendant de la tranche considérée.

Des simulations avec une salinité plus importante (70.1 g/L) ont également été réalisées sur P4.

Tableau 2.1 : Caractéristiques des rejets en fonction des tranches

Production d'eau traitée	(m3/j)	10 000 m3/j
Pompage eau de mer	(m3/j)	22 789 m3/j
Conversion globale de l'usine	(%)	43.9%
Rejets en fonctionnement à diluer	(m3/j)	12 789 m3/j
Facteur de concentration		1.782
Salinité	(g/L)	65.2 g/L

Diffuseurs		5
Volume par sortie pour diffusion	(m3/j)	12 789 m3/j
Volume par diffuseur pour diffusion	(m3/j)	2 558 m3/j
Distance entre 1 et 2	(m)	4 m
Distance entre 1 et 3	(m)	8 m
Distance entre 1 et 10	(m)	36 m
Disposition		

2.3. Autres caractéristiques des rejets de l'usine de dessalement

Le tableau suivant donne les caractéristiques de l'antitartre (réactif), également appelé séquestrant, des Matières En Suspension (MES), et de la température des rejets de l'usine de dessalement :

Tableau 2.2 : Autres caractéristiques des rejets de saumure

	Antitartre (réactif)	Matières en suspension	Variation de température	pH
Caractéristiques des rejets	Concentration maximale = 1.74 mg/L Densité = 1,040 à 25°C Composé soluble	Concentration maximale = 5.0 mg/L d50 = 0.5 µm	dT = +2°C toute l'année	pH = 7,2

Ces caractéristiques ont été implémentées dans le modèle afin de simuler les panaches pour chacun de ces paramètres.

2.4. Régime de vent

L'analyse des sorties de vents issues du modèle européen ERA5 au niveau des points de rejet pendant une durée de 83 ans (période de 1940 à 2023) a permis de caractériser le régime de vent de la zone

LES EAUX DE MAYOTTE MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

d'étude. Il ressort les vitesses moyennes suivantes déterminées pour chacun des 2 secteurs prédominants :

- ▶ Une saison d'hiver (avril à septembre) où la direction du vent est quasi-exclusivement de secteur Sud (Sud-Sud-Ouest à Sud-Sud-Est)
- ▶ Une saison d'été (octobre à mars) où la direction de vent est majoritairement de secteur Nord (Nord-Nord-Ouest à Nord-Est)

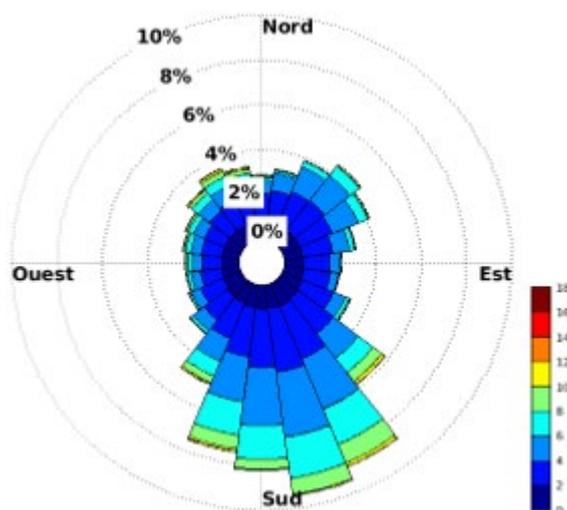


Figure 2.3 : Rose de vent (Annuelle) au niveau des points de rejet (classes de vitesses en m/s)

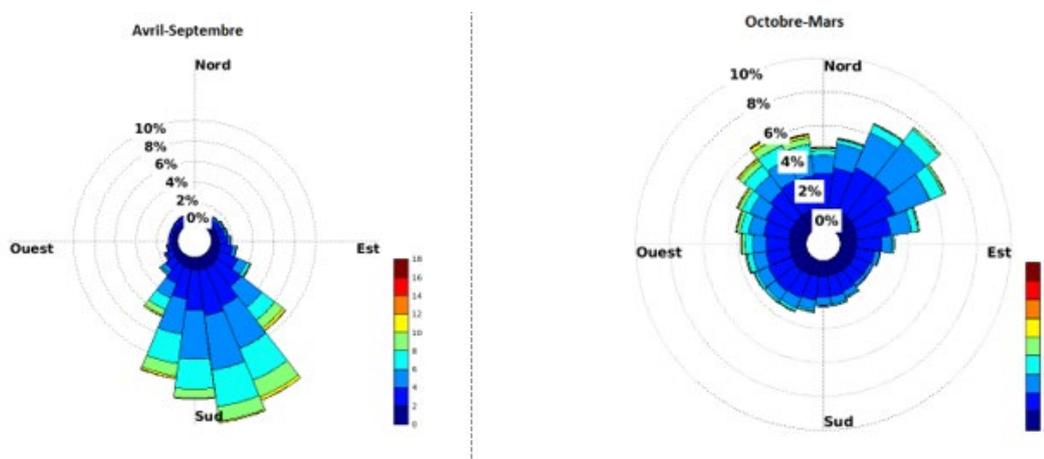


Figure 2.4 : Roses des vents (gauche : avril-septembre ; droite : octobre-mars)

Ces dispositions nous ont conduit à choisir 2 cas de vent fréquents en fonction de la saison :

- ▶ En saison estivale : Secteur Nord-Nord-Ouest (NNO), vitesse moyenne de 3.5 m/s
- ▶ En saison hivernale : Secteur Sud-Sud-Est (SSE), vitesse moyenne de 4.6 m/s

Un troisième cas météorologique a été étudié dans les simulations : l'absence de vent (vent nul).

Enfin, une comparaison a été réalisée entre les sorties du modèle ERA5 et les observations synoptiques à l'aéroport Mayotte-Dzaoudzi pour l'année 2023 (voir les figures ci-dessous). Ce travail de comparaison montre de très bonnes corrélations, permettant d'établir une climatologie correcte de la zone d'étude et de définir les deux saisons majeures de manière juste.

LES EAUX DE MAYOTTE

MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

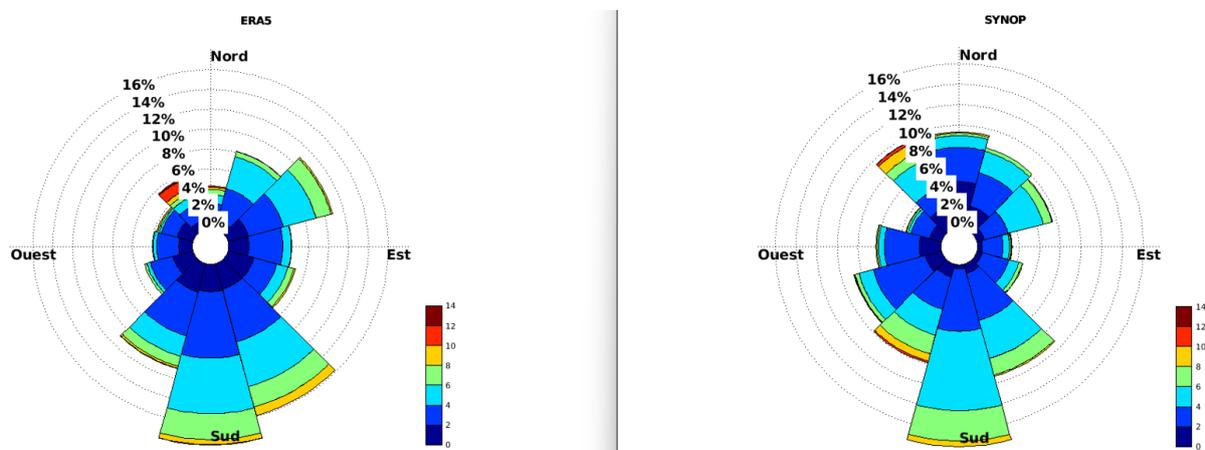


Figure 2.5 : Comparaison des roses des vents sur l'année 2023 (gauche : modèle ERA5 ; droite : observations synoptiques)

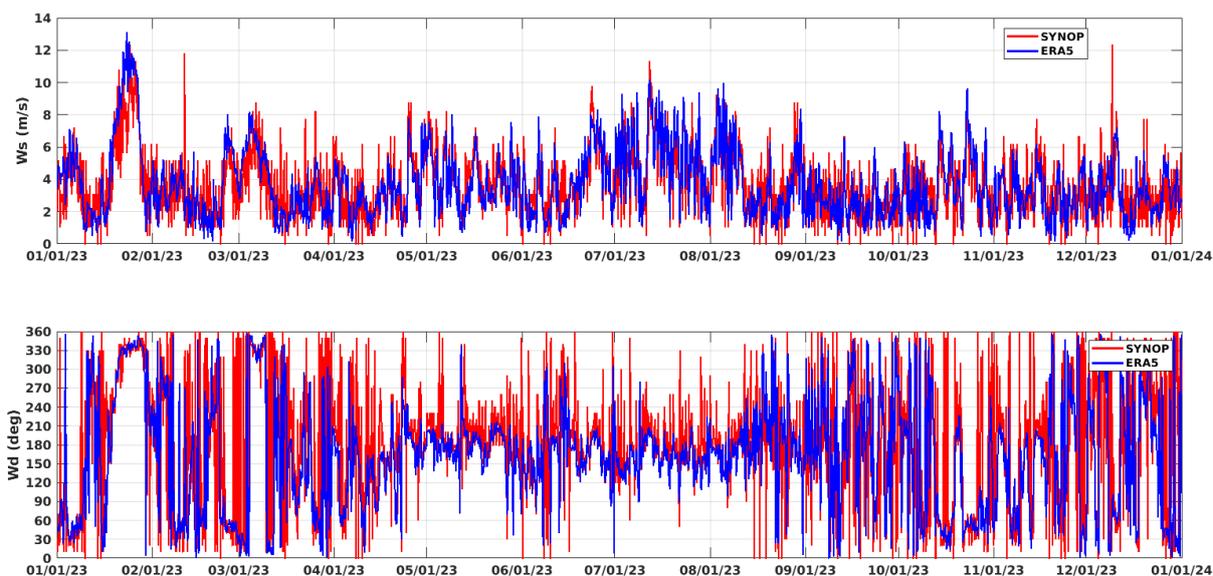


Figure 2.6 : Comparaison des séries temporelles des vitesses et des directions de vent entre le modèle ERA5 et les observations synoptiques

2.5. Conditions de houle

Les houles n'ont pas été modélisées dans le présent modèle. En effet, la houle océanique va déferler sur la barrière récifale et générer des courants dans les zones de déferlement et à proximité des passes pour évacuer l'accumulation d'eau. Cependant l'impact des houles sur le site de rejet est insignifiant au vu des faibles houles et des profondeurs importantes sur la zone de rejet (entre -20m et -25 m selon le point de rejet étudié). Sur la zone du projet, il n'y a donc pas d'augmentation de turbulence ou de cisaillement sur le fond lié à l'effet de la houle, et pas de réduction notable de la vitesse susceptible d'entraîner un dépôt des eaux sursalées près du fond.

La validation du modèle avec les mesures réalisées *in situ* (cf 3.2) confirme l'absence d'influence de la houle. La validation du modèle forcé avec la marée et le vent met en évidence une très bonne corrélation avec la mesure, y compris pour le point de mesure situé dans le chenal au niveau de la barrière récifale. Cela prouve que l'effet de la houle est négligeable par rapport aux effets de la marée et du vent local qui sont pris en compte dans le modèle hydrodynamique 3D.

Le modèle développé par EXAIL (rapport MIO n°822C34 du 13/02/2024) ne décrit pas l'influence de la houle spécifiquement sur Ironi Bé. Les résultats de mesure à l'échelle du lagon confirment la quasi-absence de houle tout au long de l'année. Aucun événement cyclonique n'a eu lieu durant la période de mesures *in situ* réalisées par EXAIL. Les événements extrêmes ne sont pas modélisés.

2.6. Conditions de marée

Sur la zone de l'étude, la marée est connue pour être relativement importante¹. Afin de simuler les courants induits, nous avons utilisé la base de données OTIS². La dernière version d'OTIS (TPX09) fournit les caractéristiques des 15 composantes astronomiques (M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1, Mf, Mm, M4, MS4, MN4, 2N2, S1) avec une résolution spatiale de 4 Km.

2.7. Conditions de température et de salinité de la mer

Les sorties du modèle d'analyse et de prévision de la circulation océanique global GLORYS12V1³ du centre européen Copernicus, disponibles depuis janvier 1993 avec une résolution horizontale de 1/12 degrés et comprenant 50 niveaux verticaux, ont été utilisées afin de définir les caractéristiques de température et de salinité moyennes de la mer dans la colonne d'eau, en hiver et en été (2 saisons caractéristiques).

Les figures suivantes illustrent sur le point de grille du modèle GLORYS12V1 le plus proche de la zone étudiée, les séries de salinités et de températures en surface et au fond :

¹ CHEVALIER, Cristèle, DEVENON, J. L., PAGANO, Marc, et al. The atypical hydrodynamics of the Mayotte Lagoon (Indian Ocean): effects on water age and potential impact on plankton productivity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2017, vol. 196, p. 182-197.

² Egbert, Gary D., and Svetlana Y. Erofeeva. "Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides." *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 19.2 (2002): 183-204.

³ https://data.marine.copernicus.eu/product/GLOBAL_MULTIYEAR_PHY_001_030/description

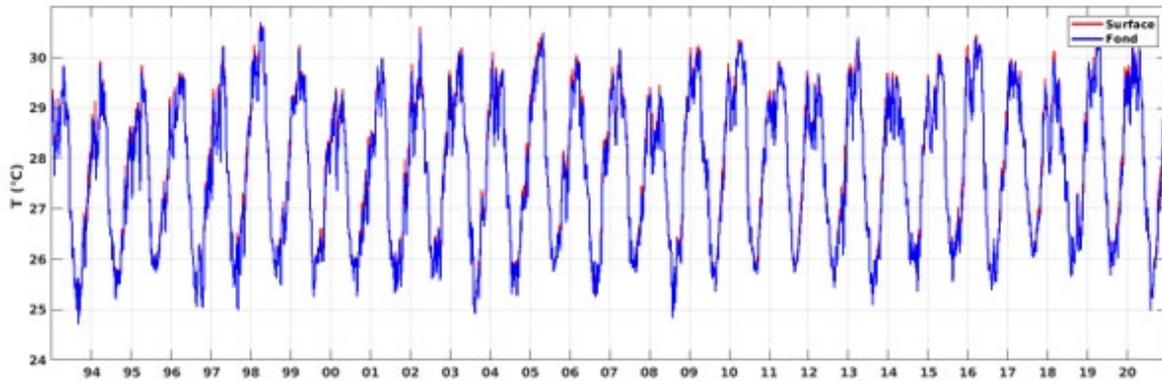


Figure 2.7 : Série annuelle de température en surface et au fond au point de grille le plus proche

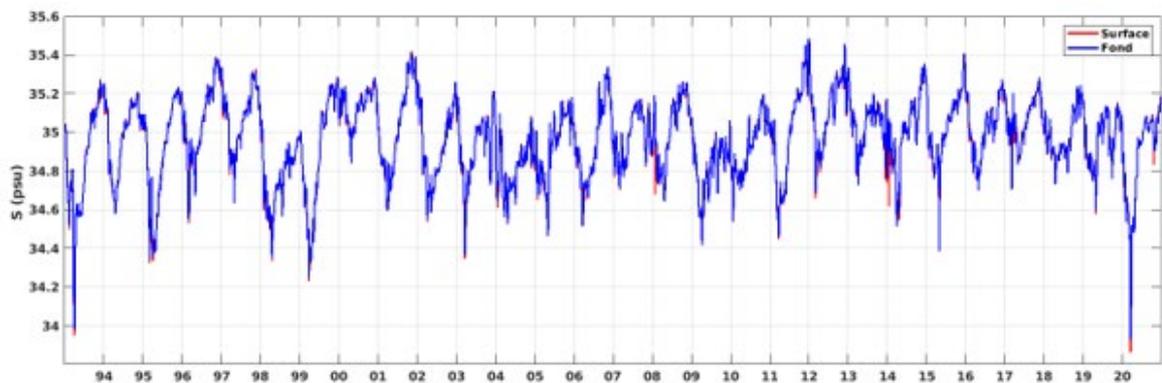


Figure 2.8 : Série annuelle de salinité en surface et au fond au point de grille le plus proche

Il a été considéré qu'il n'y avait pas de variation spatiale de ces profils verticaux de salinités et températures dans le domaine de modélisation compte tenu de sa dimension restreinte, et que ces paramètres sont constants sur la verticale.

La salinité a été considérée constante et arrondie à 36.6 psu quelle que soit la saison, en raison de sa faible variabilité interannuelle.

2.8. Bathymétrie de la zone d'étude

Les données bathymétriques ont été constituées par fusion entre la base de données bathymétrique régionale Litto3D Mayotte ainsi que le MNT bathymétrique de la façade de Mayotte à une résolution de 0.001° (~ 111 m), base de données réalisée dans le cadre du projet HOMONIM du SHOM.

L'image ci-dessous présente la bathymétrie ainsi fusionnée utilisée dans le domaine de modélisation :

LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

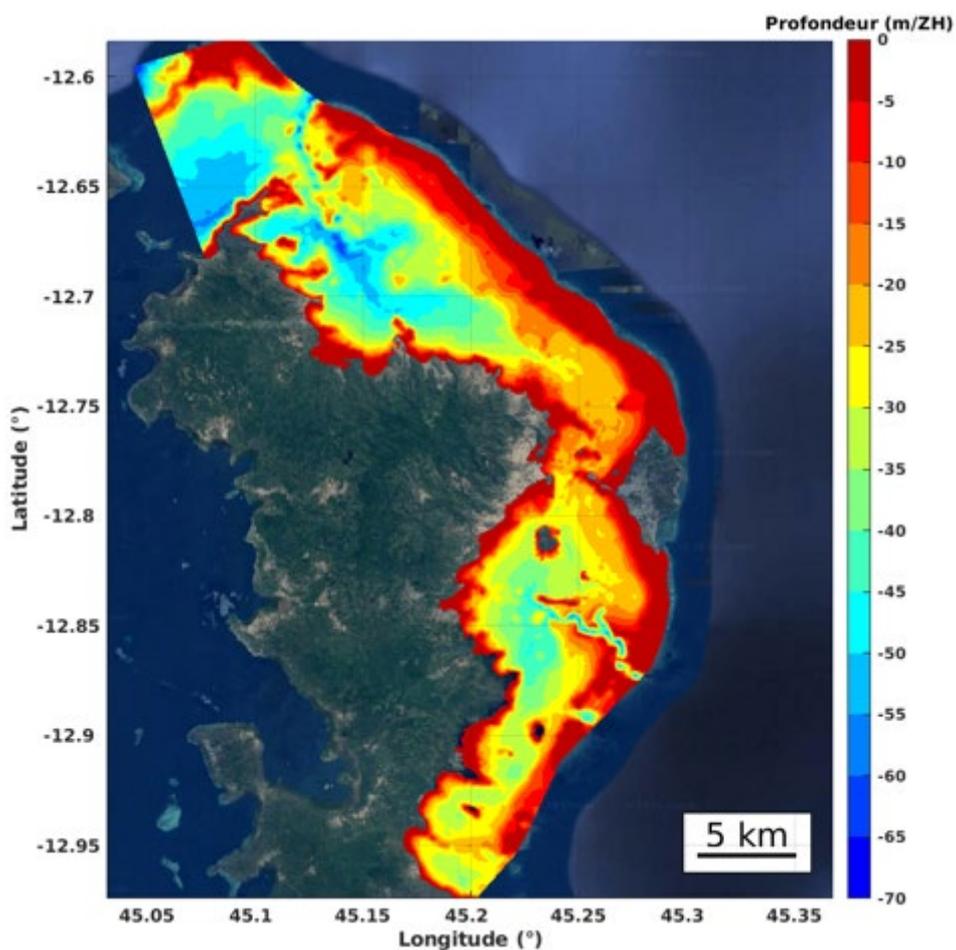


Figure 2.9 : Bathymétrie du lagon Est de Mayotte configurée pour le modèle hydrodynamique 'Telemac3D'

3. Mise en œuvre du modèle hydrodynamique 3D

3.1. Maillage

La figure suivante présente le maillage déstructuré spécifiquement mis en place pour le modèle hydrodynamique 3D dans le lagon Est de Mayotte :

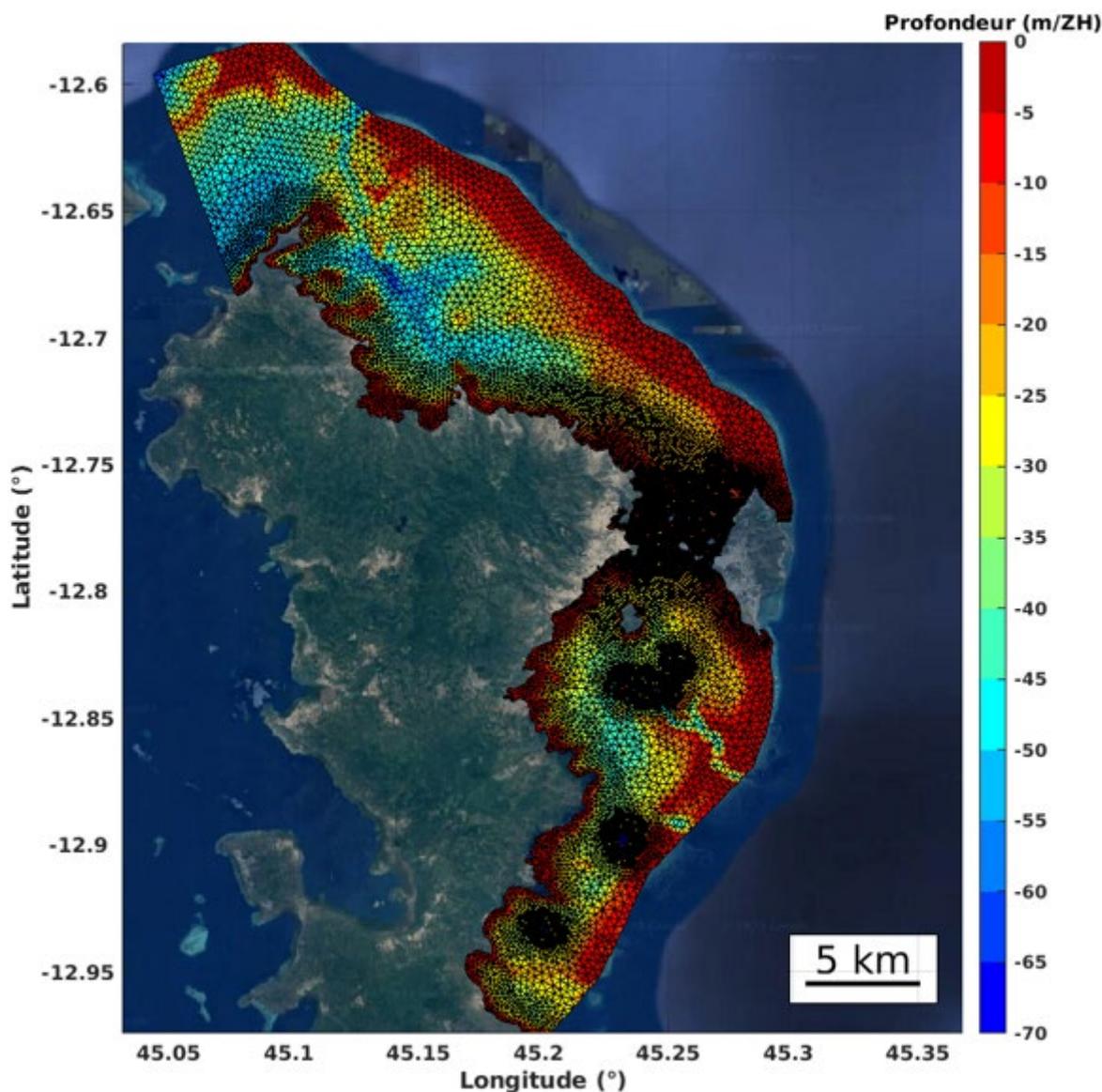


Figure 3.1 : maillage déstructuré associé au modèle hydrodynamique mis en œuvre dans le lagon Est de Mayotte

Les tailles de maille varient de 200m dans la partie centrale du lagon, loin des points de rejet, à 20m en zones littorale et à 5m au niveau des positions des rejets envisagées.

Le modèle a été configuré avec 9 couches verticales.

3.2. Validation du modèle hydrodynamique et comparaison avec les mesures

3.2.1. Données utilisées pour la validation

A la date de la validation du modèle, des mesures de niveaux d'eau et de courant sur plusieurs niveaux distincts ont été réalisées par EXAIL pendant la période de mai à novembre 2023 par deux capteurs ADCP. Le premier est situé près de la côte et au voisinage du rejet 1 (ObsC) et le deuxième est situé au large (ObsL) :



Figure 3.2 : Position des capteurs de mesures in-situ (ObsC et ObsL) et du point de rejet n°1 (R)

Une analyse rapide de ces mesures met en évidence un effet important de la marée sur les deux paramètres mesurés (niveau et courant) et confirme les résultats des études de courant réalisées dans cette région⁴⁵. Les roses de courant sont assez similaires d'un niveau à un autre avec des vitesses de courant légèrement plus fortes aux niveaux supérieurs. Les courants au large sont relativement forts alors qu'à proximité immédiate du point de rejet en zone côtière, les courants sont beaucoup plus faibles.

Notons que pour les besoins de la validation, nous nous sommes servis de la période de mesures en continu de 3 mois disponible à la date de validation du modèle, soit la période Août-Octobre 2023. Cette période de validation est fortement représentative car une durée de 1 mois minimum est préconisée pour valider le modèle sur un cycle de marée complet. Pour rappel, d'autres stratégies sont parfois utilisées : pour le modèle large échelle de EXAIL/MIO, il est effectué une comparaison de (i) toutes les données *in situ* moyennées sur 2006 (avec les incertitudes que cela implique, indiquées dans le rapport) avec (ii) le courant modélisé sur 1 mois.

⁴Idier, D., Romieu, E., Delattre, M., Pedreros, R., & De La Torre, Y. (2008). Hydrodynamique tidale du lagon de Mayotte: observations in-situ et modélisation. Xèmes Journées Nationales Génie Côtier–Génie Civil, Octobre, Sophia Antipolis.

⁵ Mediterranean Institute of Oceanography (2024). Etude de definition d'une usine de dessalement. Rapport modélisation 822C34.

Bien que l'étiage soit particulièrement sévère en Août-Octobre, les débits des cours d'eau n'ont pas été intégrés dans le modèle car ce paramètre n'est pas jugé caractéristique de la circulation hydrodynamique étudiée. Le MOI précise en effet que « dans le cas du lagon de Mayotte, les débits des fleuves sont faibles et la salinité est faiblement variable. Quant à la température, elle dépend plus des effets du réchauffement journalier que de la circulation dans le lagon. ».

Par ailleurs, les comparaisons des résultats de modélisation présentées ci-après montrent un impact relativement faible du vent sur la dispersion du panache. En comparant les résultats des trois cas de simulations (marée seule et marée avec les deux régimes de vent), les différences observées sont minimes. Une étude des ellipses de dispersion n'est pas nécessaire, car il y a très peu de dépendance entre la vitesse et la direction du courant, comme le montre l'analyse des roses de courant. Les comparaisons illustrées dans ce rapport sont donc jugées suffisantes.

3.2.2. Résultats de la validation

Les figures suivantes présentent les roses de courant moyenné sur la verticale sur une période de 3 mois (Aout-Octobre), période utilisée pour la validation du modèle hydrodynamique :

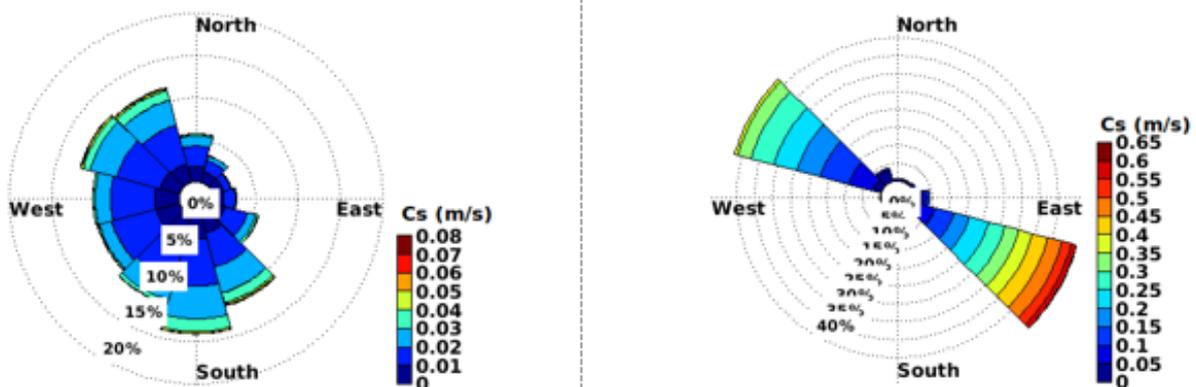


Figure 3.3 : Roses de courant moyenné sur la verticale observé pendant la période Août-Octobre 2023 au niveau du point de mesure à la côte (gauche) et au large (droite)

Les résultats de sorties du modèle hydrodynamique forcé d'une part par les caractéristiques de courant de marée issues des données OTIS et d'autre part par les champs de vent reproduits par le modèle ERA5 sont comparables aux niveaux marins et aux courants mesurés (figure suivante).

LES EAUX DE MAYOTTE

MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

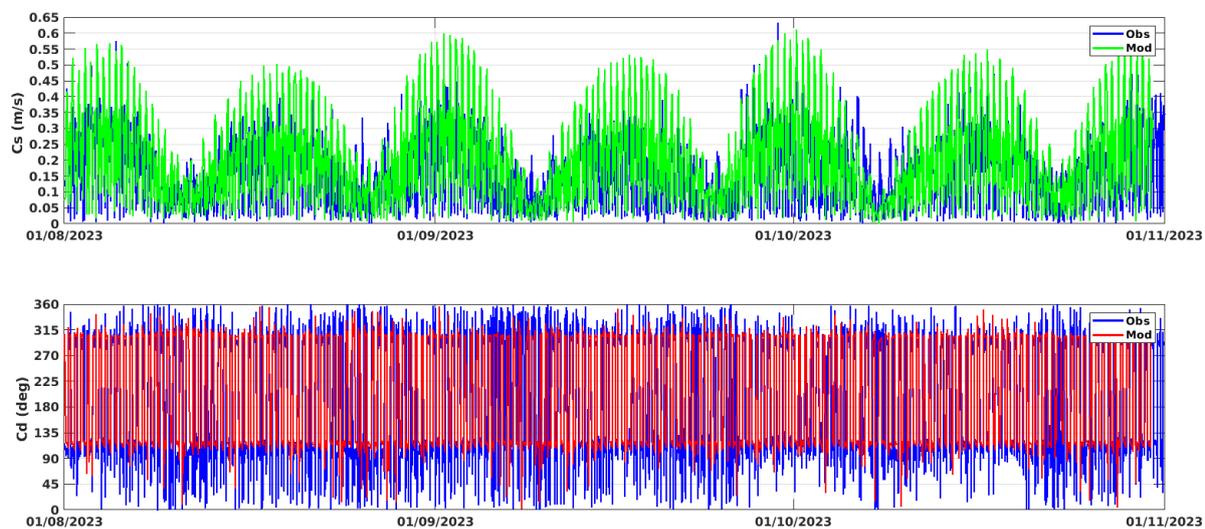


Figure 3.4 : Comparaison entre les sorties du modèle du courant intégré sur la verticale avec les observations du courant observé au niveau de la station située au large

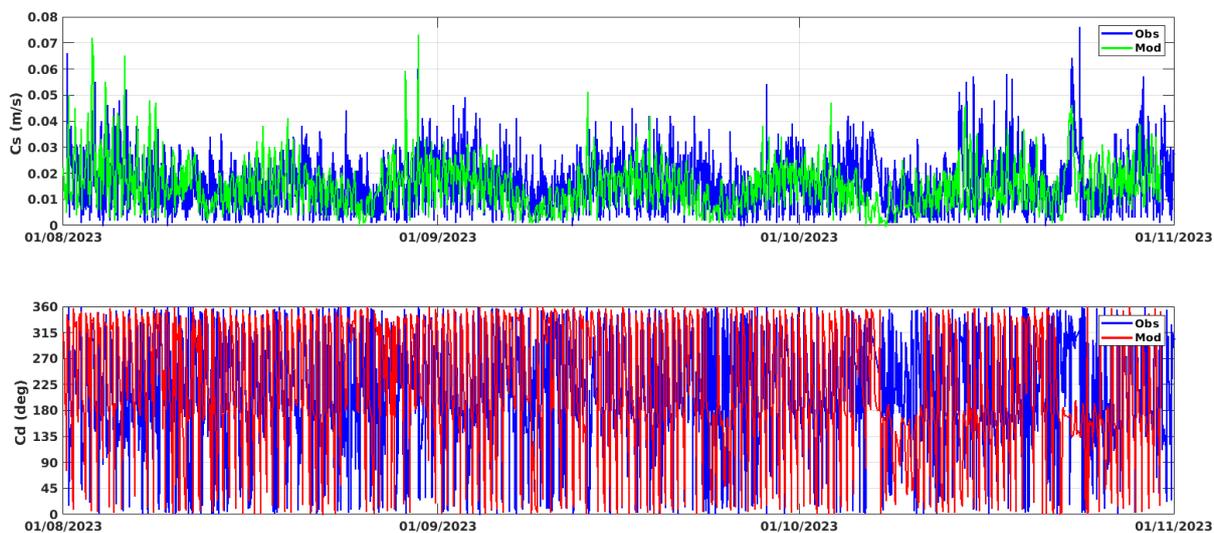


Figure 3.5 : Comparaison entre les sorties du modèle du courant intégré sur la verticale avec les observations du courant observé au niveau de la station située à la côte

LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

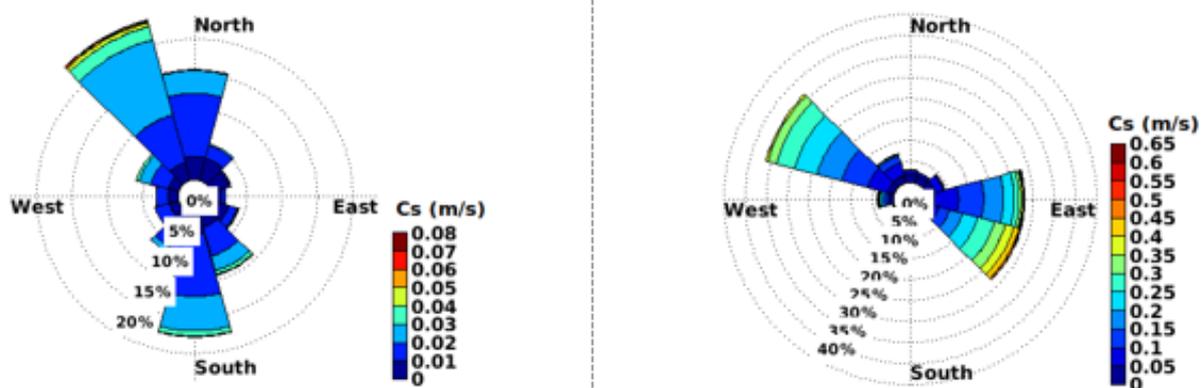


Figure 3.6 : Roses de courant moyenné sur la verticale issues des résultats de simulation du modèle hydrodynamique pendant la période Août-Octobre 2023 au niveau du point de mesure à la côte (gauche) et au large (droite)

Les résultats de ces comparaisons sont jugés très satisfaisants, les résultats du modèle étant cohérents avec les résultats *in situ*. Le modèle est donc conservé pour réaliser les simulations de diffusion de rejets sursalés prévues dans cette étude.

3.3. Simulation hydrodynamique

3.3.1. Marée

Dans un premier temps, le modèle a été exécuté en 3D avec un forçage astronomique uniquement (vent nul). Les figures suivantes illustrent un exemple de champ de courant de marée moyenne, respectivement en condition de flot et de jusant sur la zone. Il y a très peu de variabilité sur la verticale.

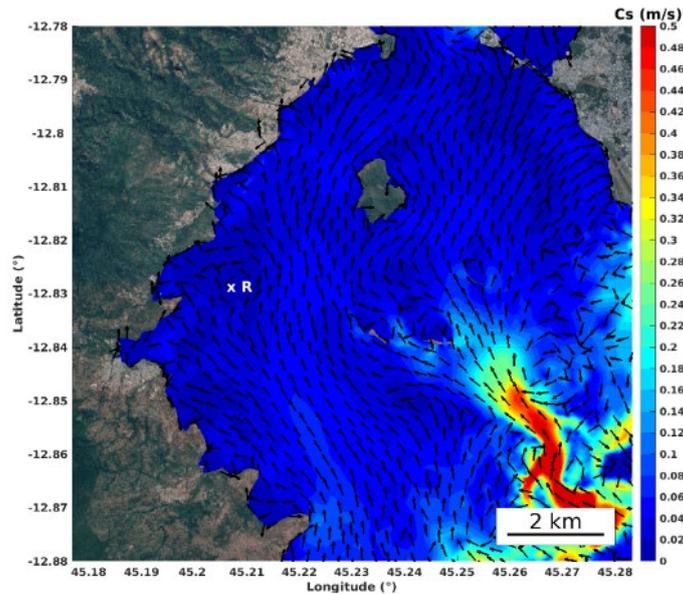


Figure 3.7 : Exemple de champ de courant de fond par marée montante

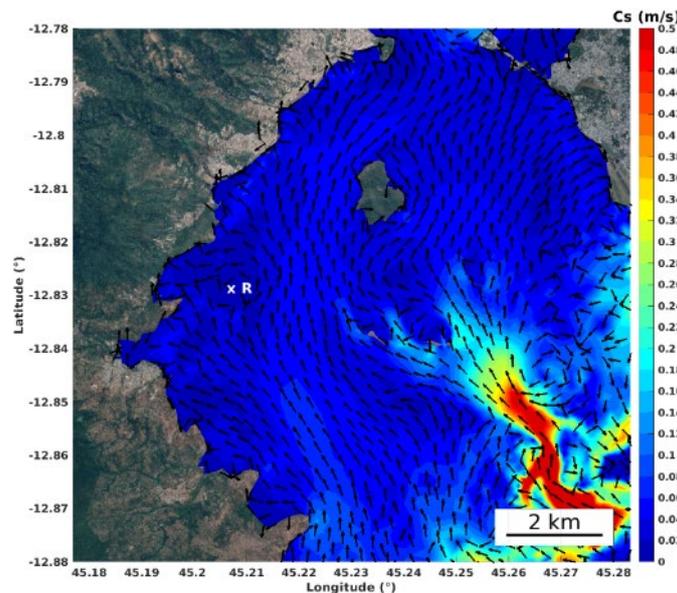


Figure 3.8 : Exemple de champ de courant de surface par marée montante

LES EAUX DE MAYOTTE

MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

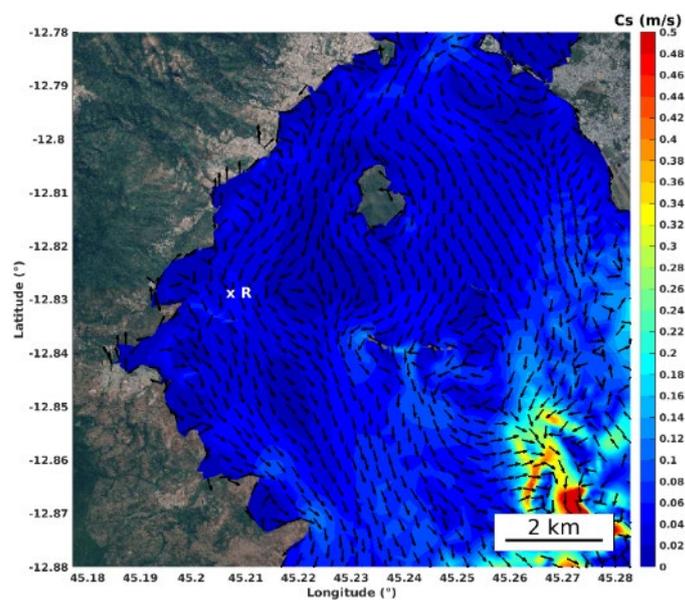


Figure 3.9 : Exemple de champ de courant de fond par marée descendante

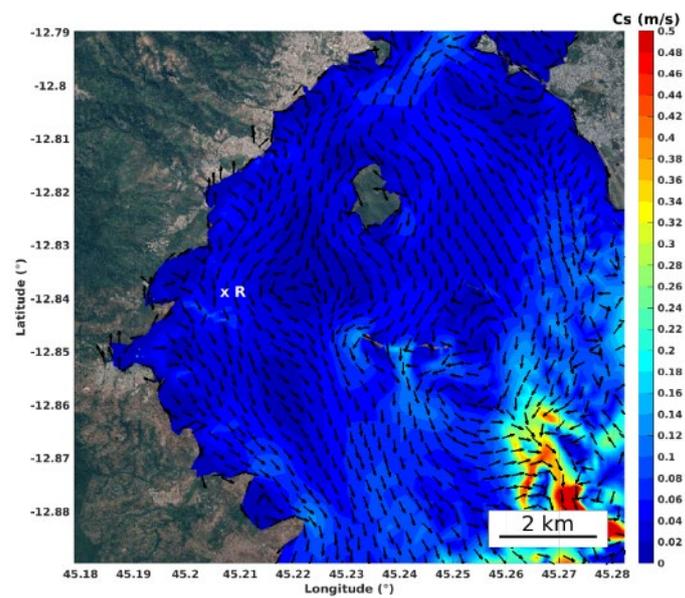


Figure 3.10 : Exemple de champ de courant de surface par marée descendante

3.3.2. Forçage atmosphérique

Le modèle a été réexécuté en rajoutant un forçage atmosphérique correspondant aux conditions de vent les plus fréquentes identifiées pour chacune des 2 saisons (voir section 3.2) :

- ▶ En saison estivale : Secteur Nord-Nord-Ouest (NNO), vitesse moyenne de 3.5 m/s
- ▶ En saison hivernale : Secteur Sud-Sud-Est (SSE), vitesse moyenne de 4.6 m/s

Les figures suivantes présentent les champs de courant de marée moyenne, au bout de 24 heures de simulation avec chacun de ces 2 forçages atmosphériques, respectivement en condition de flot et de jusant de marée moyenne sur la zone. Il y a très peu de variabilité sur la verticale :

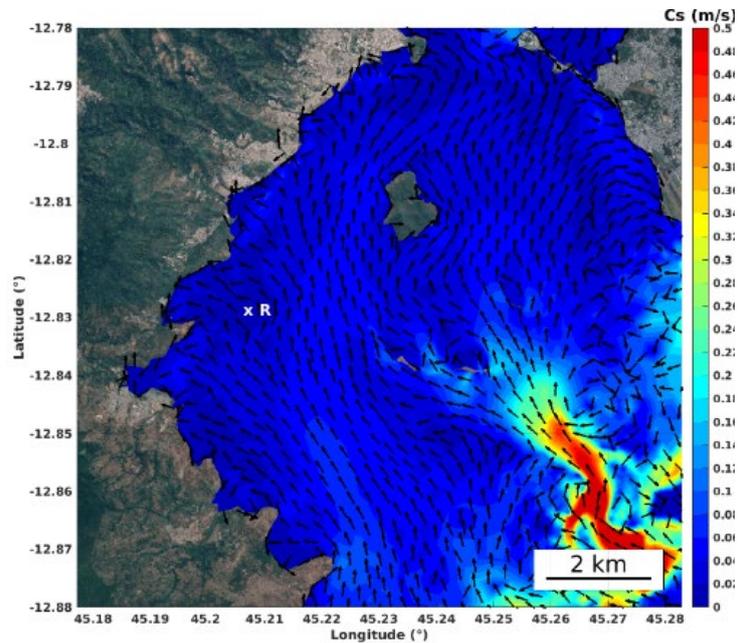


Figure 3.11 : Champs de courant de fond par vent de secteur NNO en marée moyenne montante

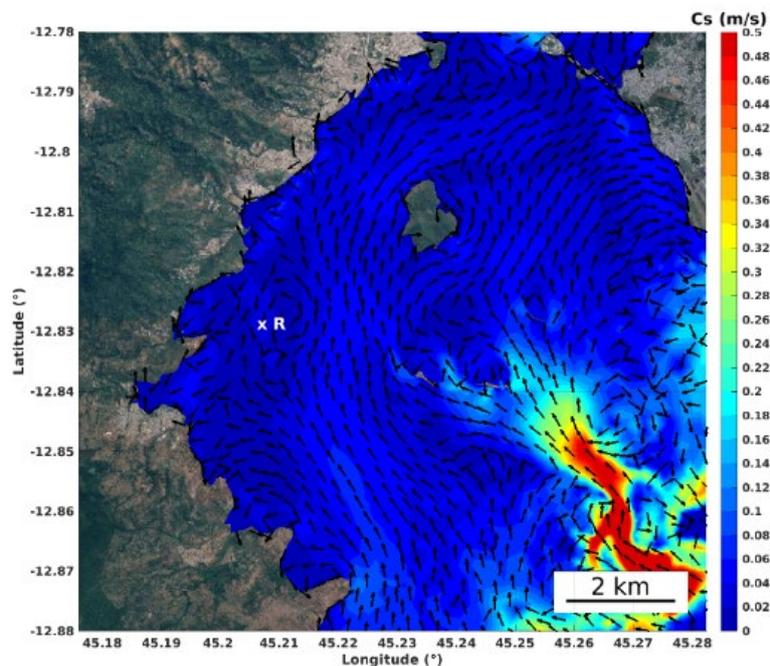


Figure 3.12 : Champs de courant de surface par vent de secteur NNO en marée moyenne montante

LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

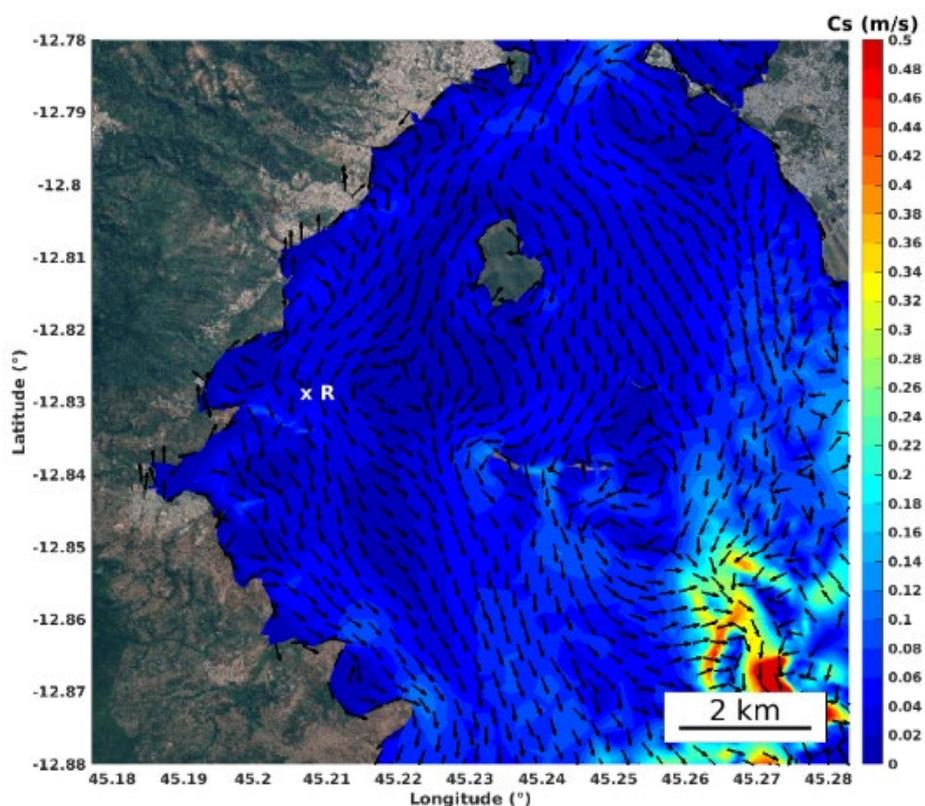


Figure 3.13 : Exemple de champ de courant de fond par vent de secteur NNO, par marée descendante

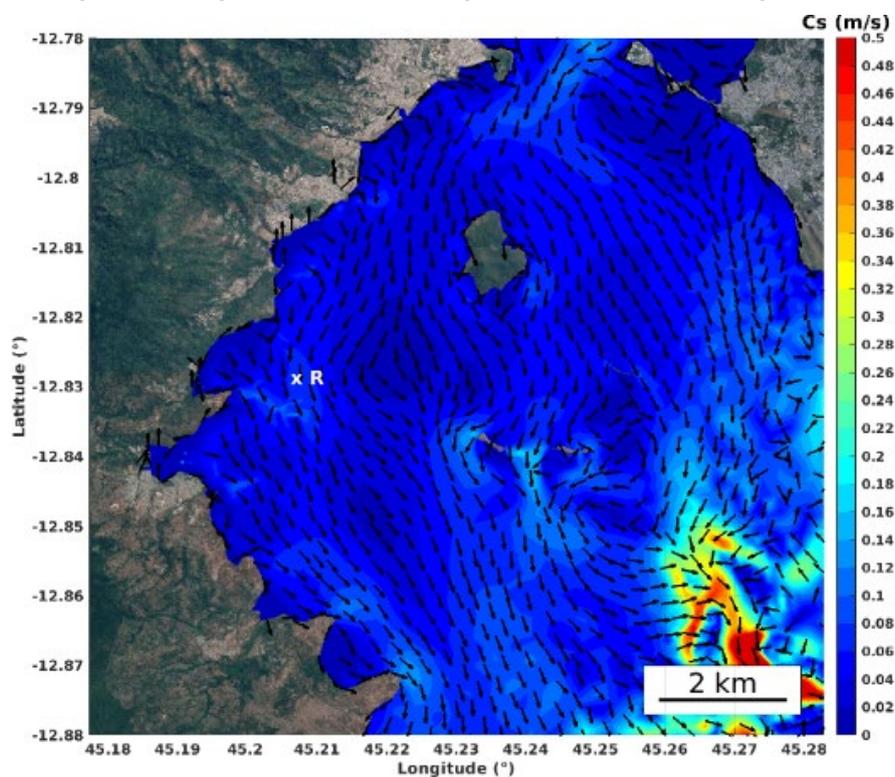


Figure 3.14 : Exemple de champ de courant de surface par vent de secteur NNO, par marée descendante

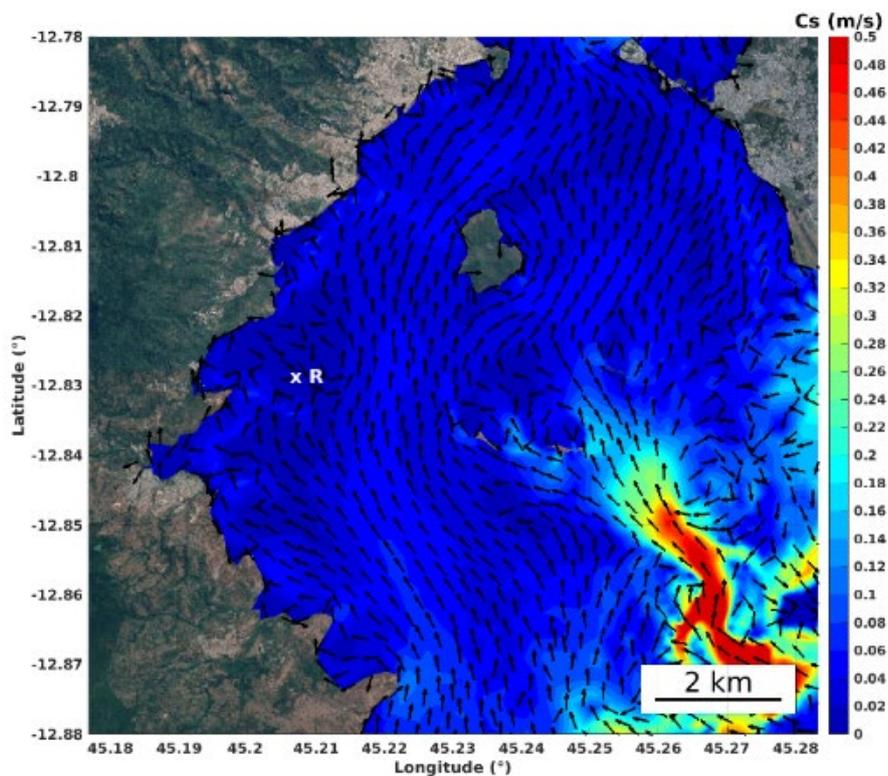


Figure 3.15 : Exemple de champ de courant de fond par vent de secteur SSE, par marée montante

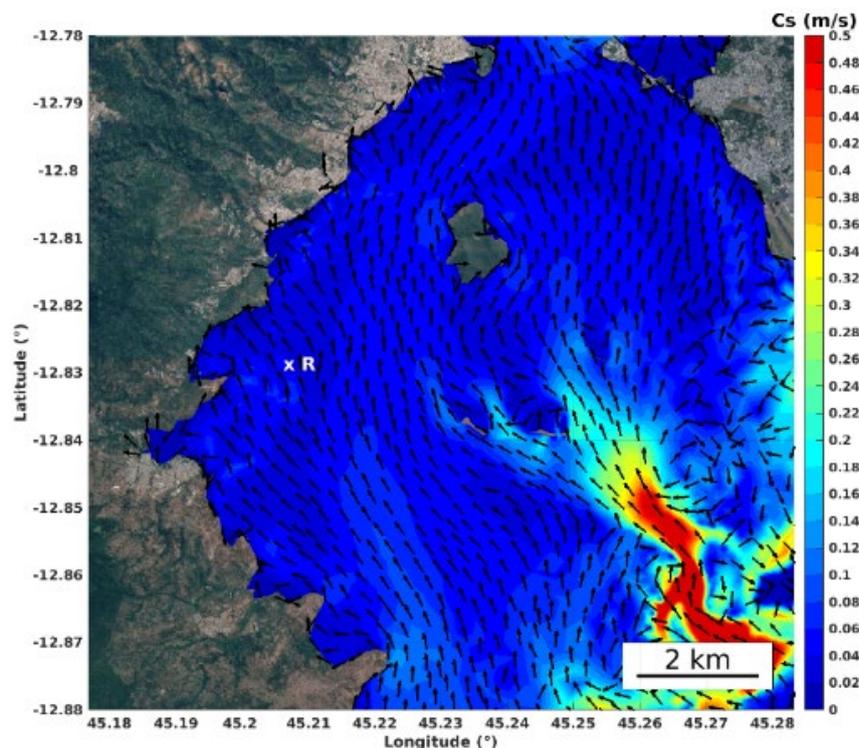


Figure 3.16 : Exemple de champ de courant de surface par vent de secteur SSE, par marée montante

LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

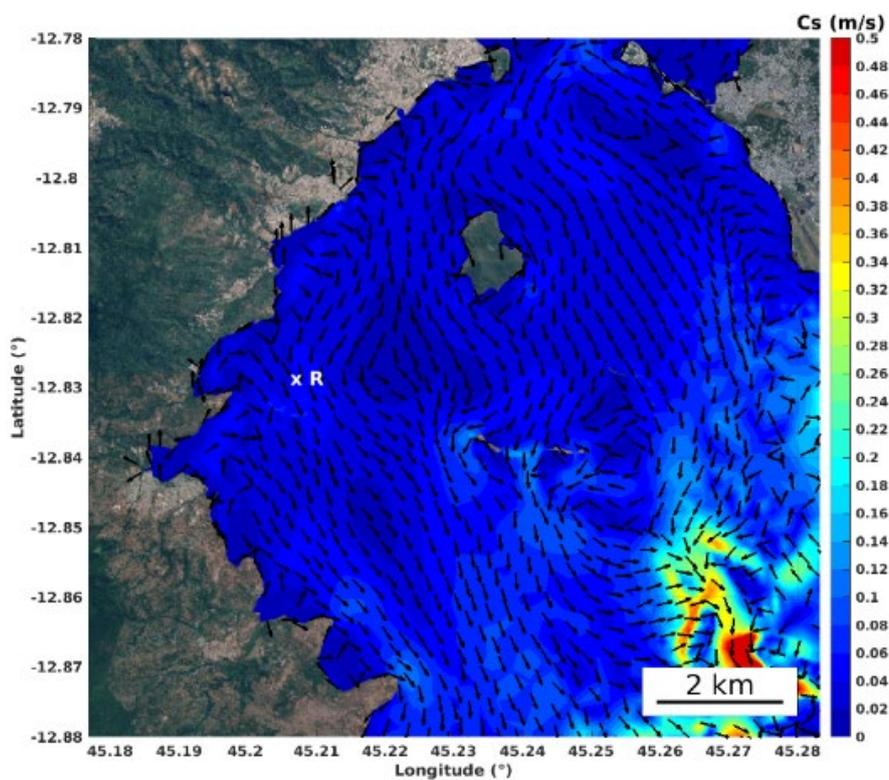


Figure 3.17 : Exemple de champ de courant de fond par vent de secteur SSE, par marée descendante

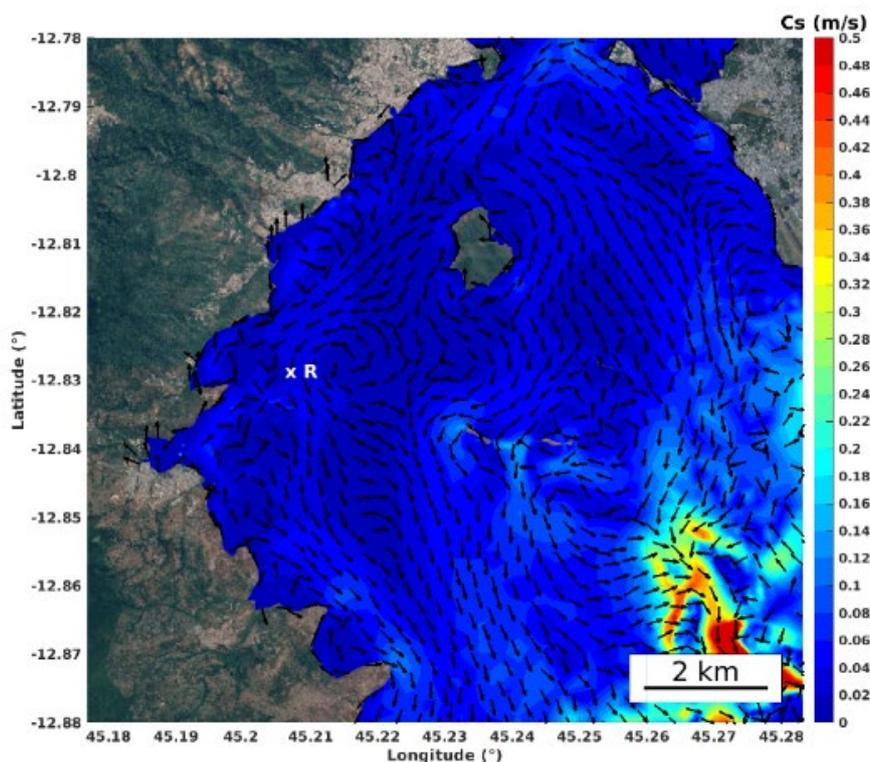


Figure 3.18 : Exemple de champ de courant de surface par vent de secteur SSE, par marée descendante

4. Modélisation de la diffusion des rejets

4.1. Modélisation court terme de la diffusion des rejets

Les 4 positions potentielles de localisation du point de rejet ont été étudiées, ce qui représente un total de 12 scénarios modélisés (3 conditions de vent).

Pour chacun des scénarios de rejets, la salinité de l'eau environnante non impactée par le rejet est de 36.6 g/L partout dans le domaine de modélisation.

Le tableau suivant résume les caractéristiques des scénarios simulés :

Tableau 4.1 : Synthèse des caractéristiques des 12 scénarios de salinité simulés sur court terme (15j)

Marée	Vent	Débit (m ³ /j)	Point Rejet
Marée reproduite sur 15 j	Nul	12789	P1
Marée reproduite sur 15 j	NNO 3.5m/s	12789	P1
Marée reproduite sur 15 j	SSE 4.5m/s	12789	P1
Marée reproduite sur 15 j	Nul	12789	P2
Marée reproduite sur 15 j	NNO 3.5m/s	12789	P2
Marée reproduite sur 15 j	SSE 4.5m/s	12789	P2
Marée reproduite sur 15 j	Nul	12789	P3
Marée reproduite sur 15 j	NNO 3.5m/s	12789	P3
Marée reproduite sur 15 j	SSE 4.5m/s	12789	P3
Marée reproduite sur 15 j	Nul	12789	P4
Marée reproduite sur 15 j	NNO 3.5m/s	12789	P4
Marée reproduite sur 15 j	SSE 4.5m/s	12789	P4

Par ailleurs, 15 simulations complémentaires ont été réalisées sur le point de rejet P4. Ces simulations complémentaires sont les suivantes :

Tableau 4.2 : Synthèse des caractéristiques des 15 scénarios complémentaires simulés sur court terme (15j) pour le point de rejet P4

Marée	Vent	Débit (m ³ /j)	Commentaire
Marée reproduite sur 15 j	Nul	12789	Rejet 70.1g/L
Marée reproduite sur 15 j	NNO 3.5m/s	12789	
Marée reproduite sur 15 j	SSE 4.5m/s	12789	
Marée reproduite sur 15 j	Nul	12789	Polluant antitartre
Marée reproduite sur 15 j	NNO 3.5m/s	12789	
Marée reproduite sur 15 j	SSE 4.5m/s	12789	
Marée reproduite sur 15 j	Nul	12789	Panache de MES
Marée reproduite sur 15 j	NNO 3.5m/s	12789	

LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

Marée reproduite sur 15 j	SSE 4.5m/s	12789	
Marée reproduite sur 15 j	Nul	12789	Panache thermique
Marée reproduite sur 15 j	NNO 3.5m/s	12789	
Marée reproduite sur 15 j	SSE 4.5m/s	12789	
Marée reproduite sur 15 j	Nul	12789	Panache acide
Marée reproduite sur 15 j	NNO 3.5m/s	12789	
Marée reproduite sur 15 j	SSE 4.5m/s	12789	

Les figures des sections suivantes présentent les variations de concentration en sel par rapport à la salinité ambiante, obtenues en chaque point du domaine de modélisation au bout d'une durée de 15 jours représentant un cycle de marée, pour chaque scénario étudié. Sont également présentées les diffusions de réactif (solution antitartre), de MES, de pH et de variation de température associées au rejet au point P4, au bout d'une durée de 15 jours

En Annexe A sont présentés les maxima de surplus de concentration en sel obtenus en chaque point du domaine de modélisation, sur une période de simulation de 15 jours représentant un cycle de marée, pour chaque scénario étudié.

En Annexe B sont présentés les maxima de concentration en antitartre (réactif) obtenus en chaque point du domaine de modélisation, sur une période de simulation de 15 jours représentant un cycle de marée, pour un rejet au point P4.

En Annexe C sont présentés les maxima de concentration en MES obtenus en chaque point du domaine de modélisation, sur une période de simulation de 15 jours représentant un cycle de marée, pour un rejet au point P4.

En Annexe D sont présentés les maxima de variation de température obtenus en chaque point du domaine de modélisation, sur une période de simulation de 15 jours représentant un cycle de marée, pour un rejet au point P4.

En Annexe E sont présentés les maxima de variation de pH obtenus en chaque point du domaine de modélisation, sur une période de simulation de 15 jours représentant un cycle de marée, pour un rejet au point P4.

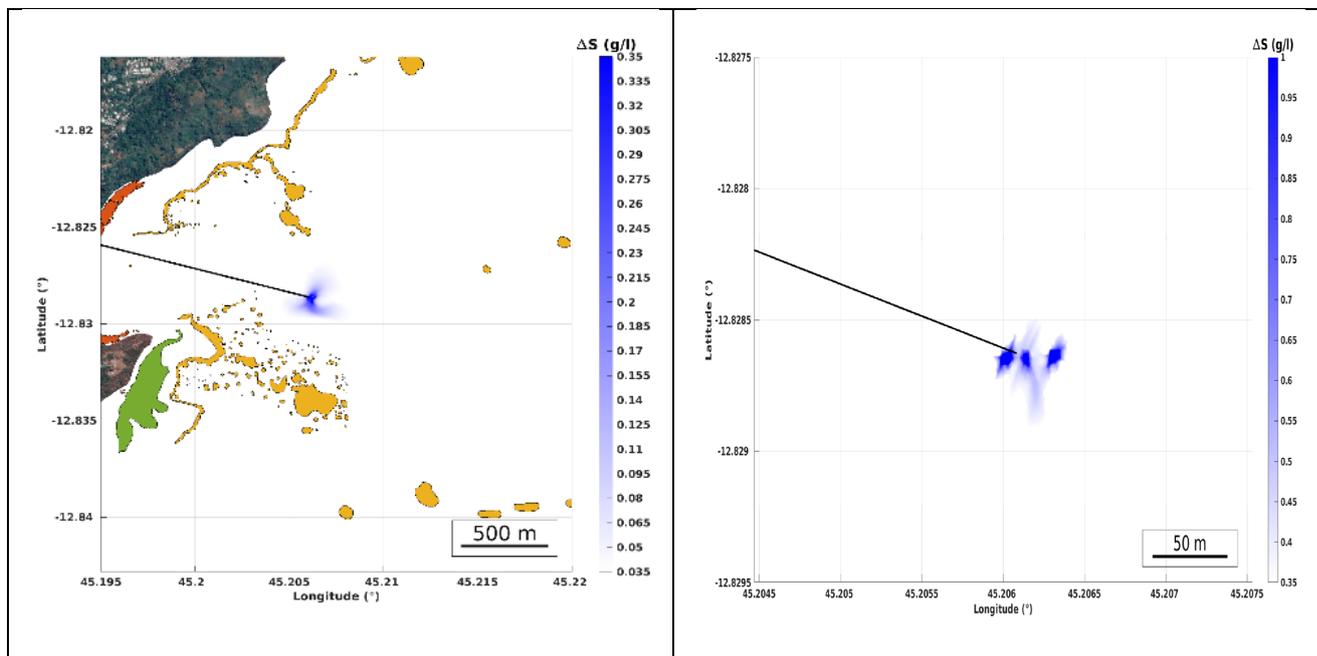
4.1.1. Diffusion de panache d'eaux sursalées : Point de rejet P1

Les figures suivantes illustrent le panache de surplus de salinité au fond, après 15 jours de simulation sous l'influence d'un rejet au point P1, par vent nul, de NNO et de SSE respectivement. Les surplus maximaux mesurés en tout point du domaine de modélisation sont présentés en annexe. Les sursalinités en surface sont nulles.

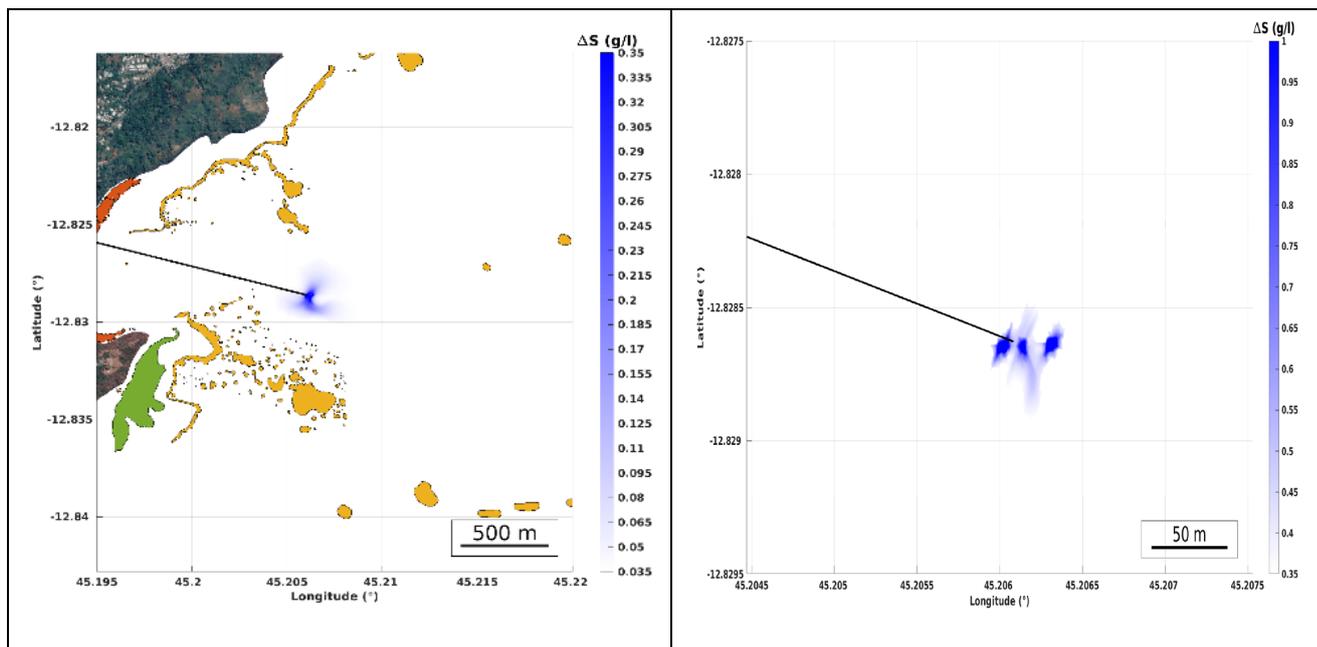
Notons que les figures de gauche illustrent les surplus de salinité avec un seuil minimum de 0,035 g/L et celles de droite avec un seuil minimal de 0,35 g/L.

LES EAUX DE MAYOTTE

MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



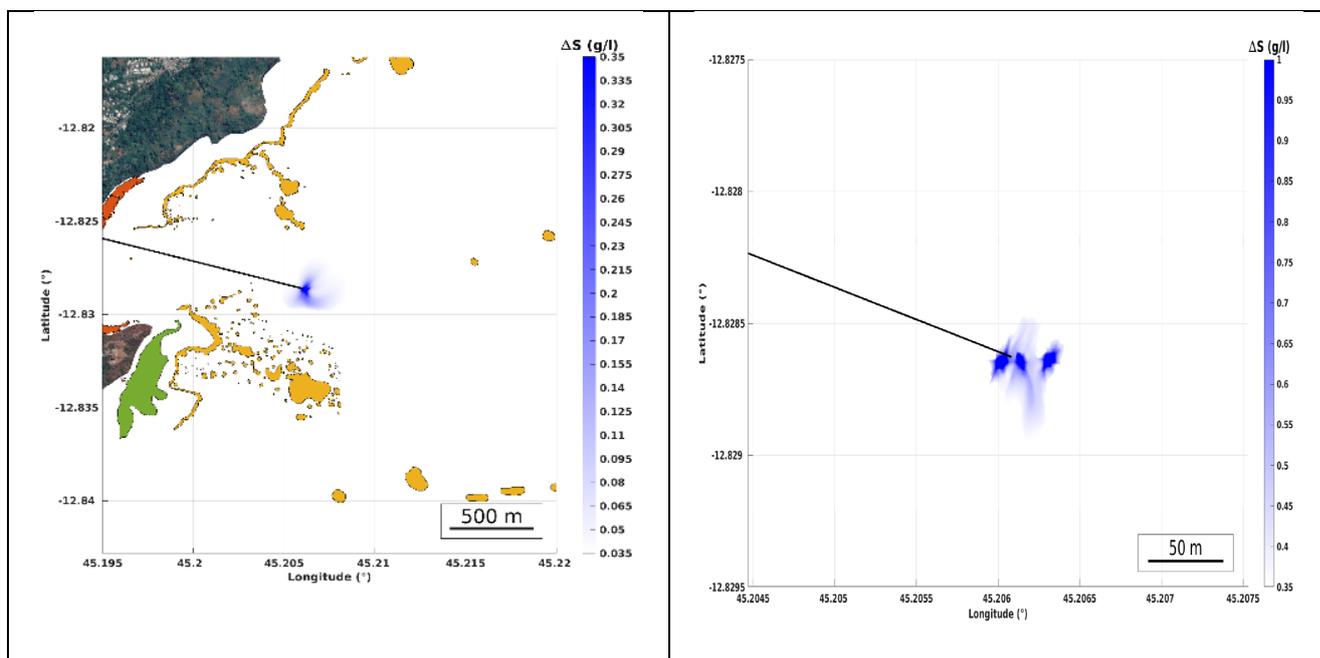
Panache au fond par vent nul pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)



Panache au fond par vent de NNO pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)

LES EAUX DE MAYOTTE

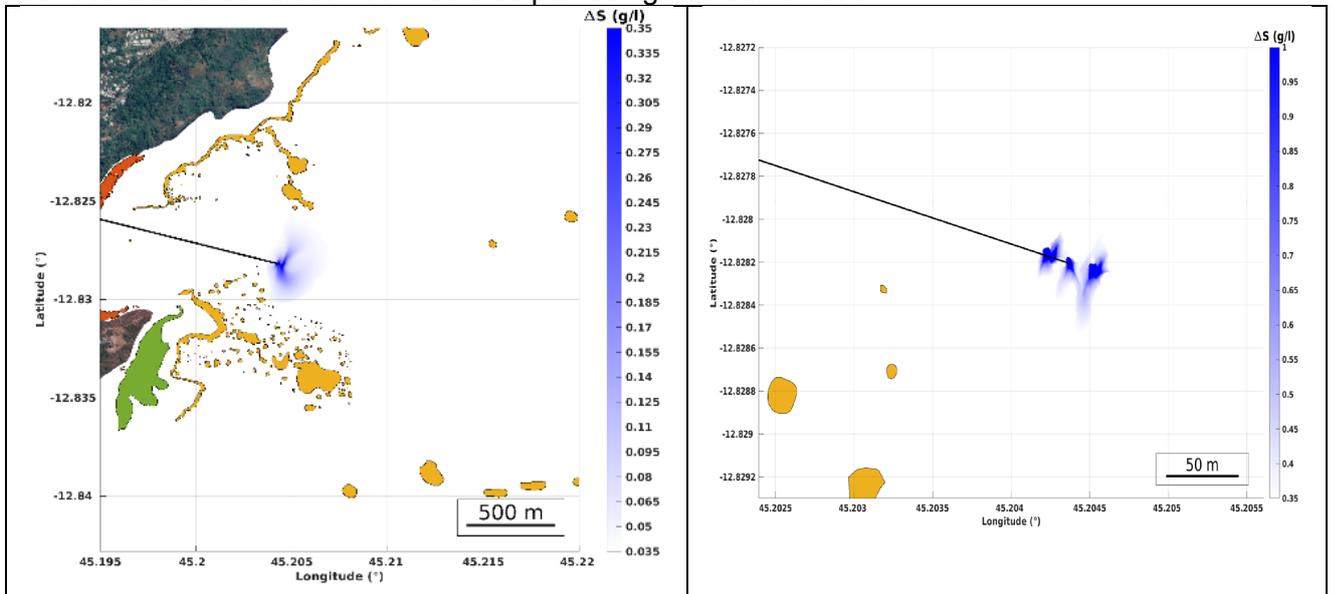
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



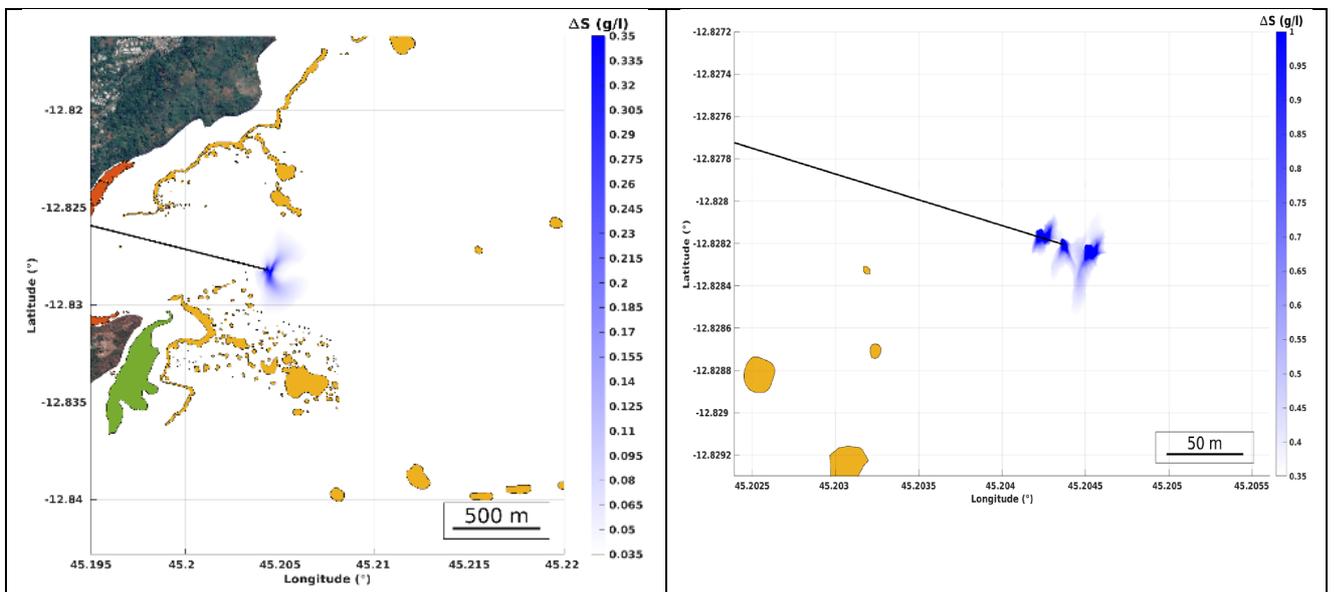
Panache au fond par vent de SSE pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)

4.1.2. Diffusion de panache d'eaux sursalées : Point de rejet P2

Les résultats de simulation sont donnés par les figures suivantes :



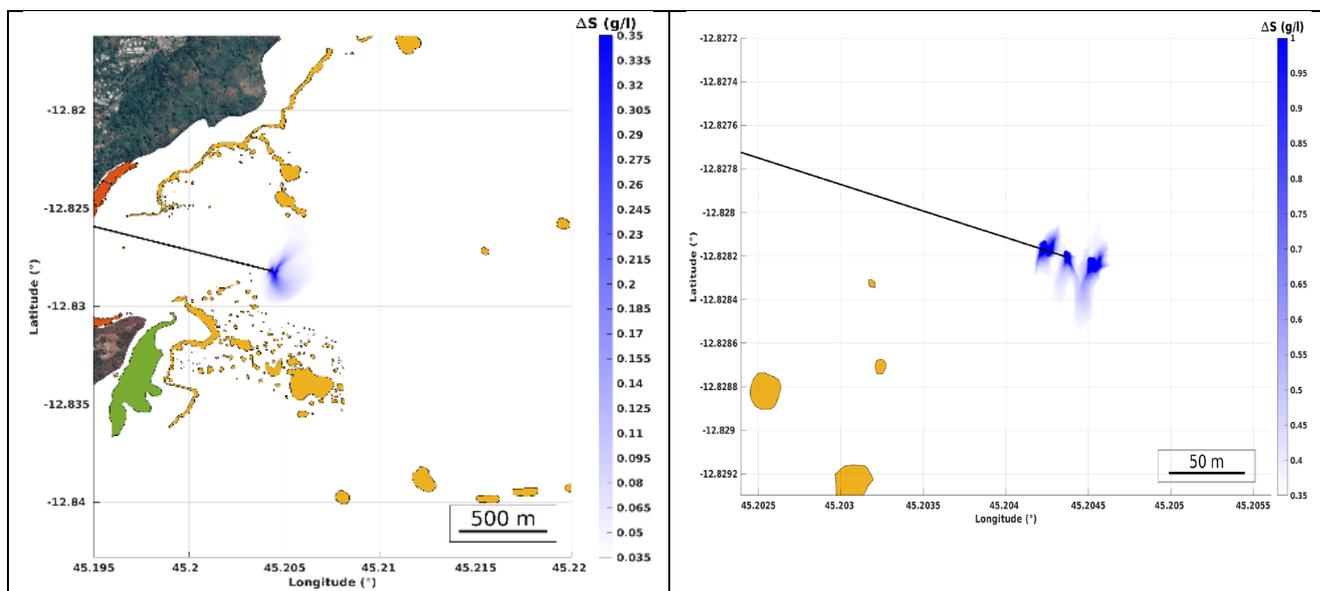
Panache au fond en conditions de marée moyenne par vent nul pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)



Panache au fond par vent de NNO pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)

LES EAUX DE MAYOTTE

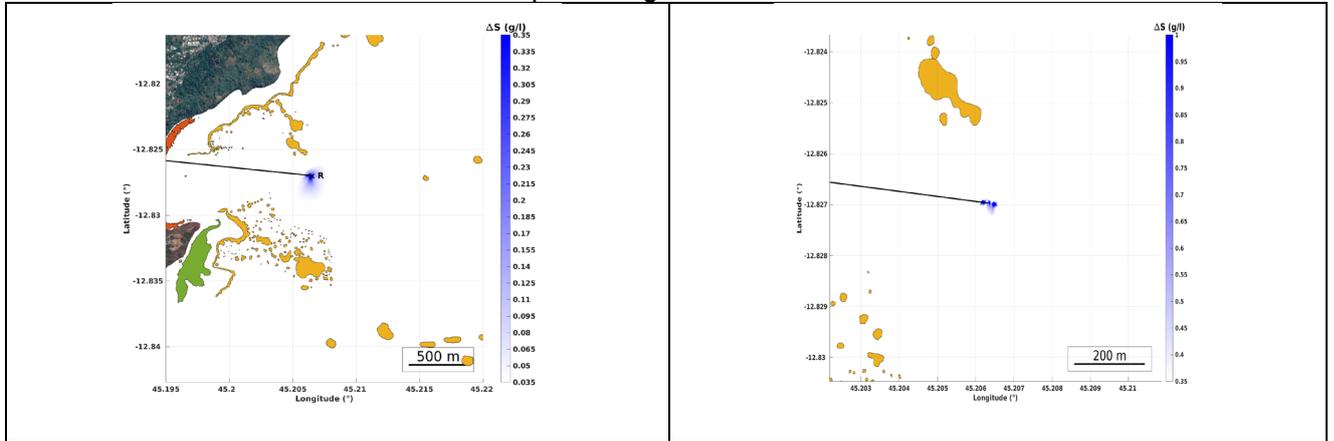
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



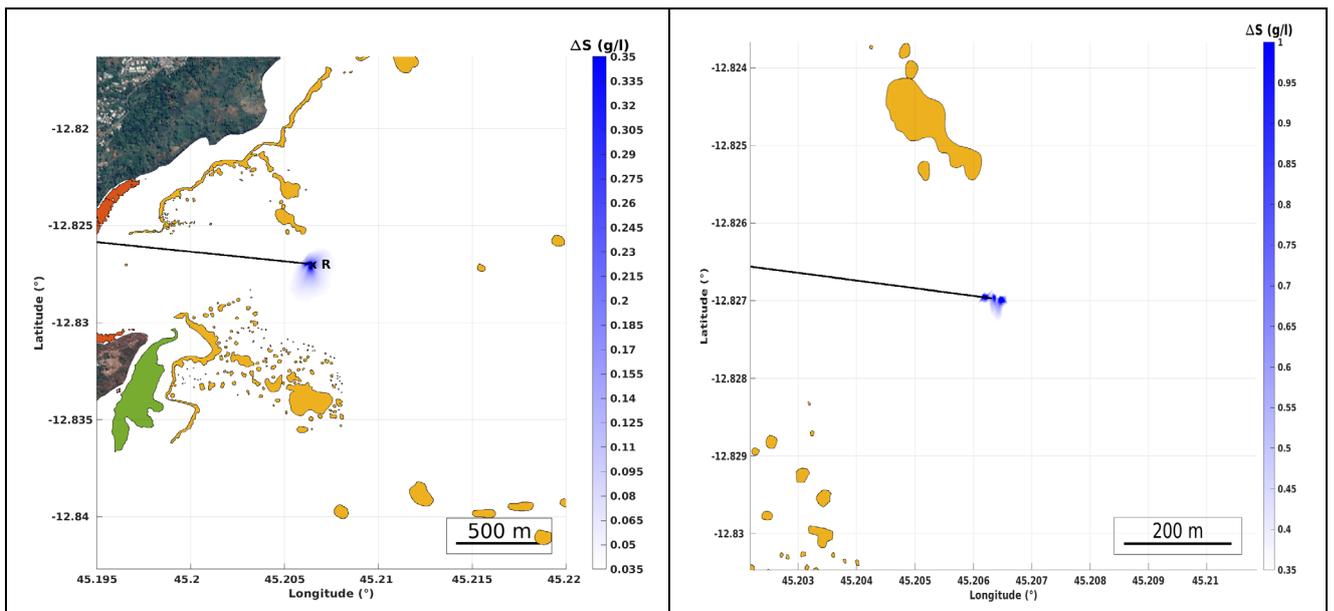
Panache au fond par vent de SSE pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)

4.1.3. Diffusion de panache d'eaux sursalées : Point de rejet P3

Les résultats de simulation sont donnés par les figures suivantes :



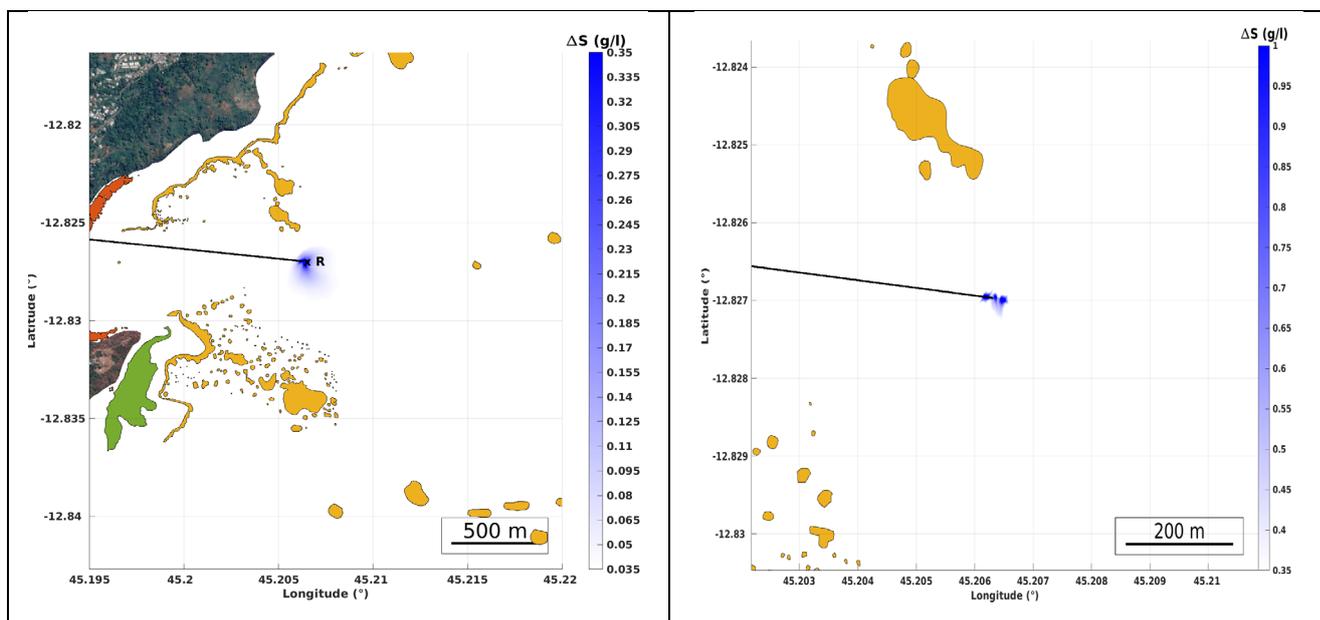
Panache au fond en conditions de marée moyenne par vent nul pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)



Panache au fond par vent de NNO pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)

LES EAUX DE MAYOTTE

MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

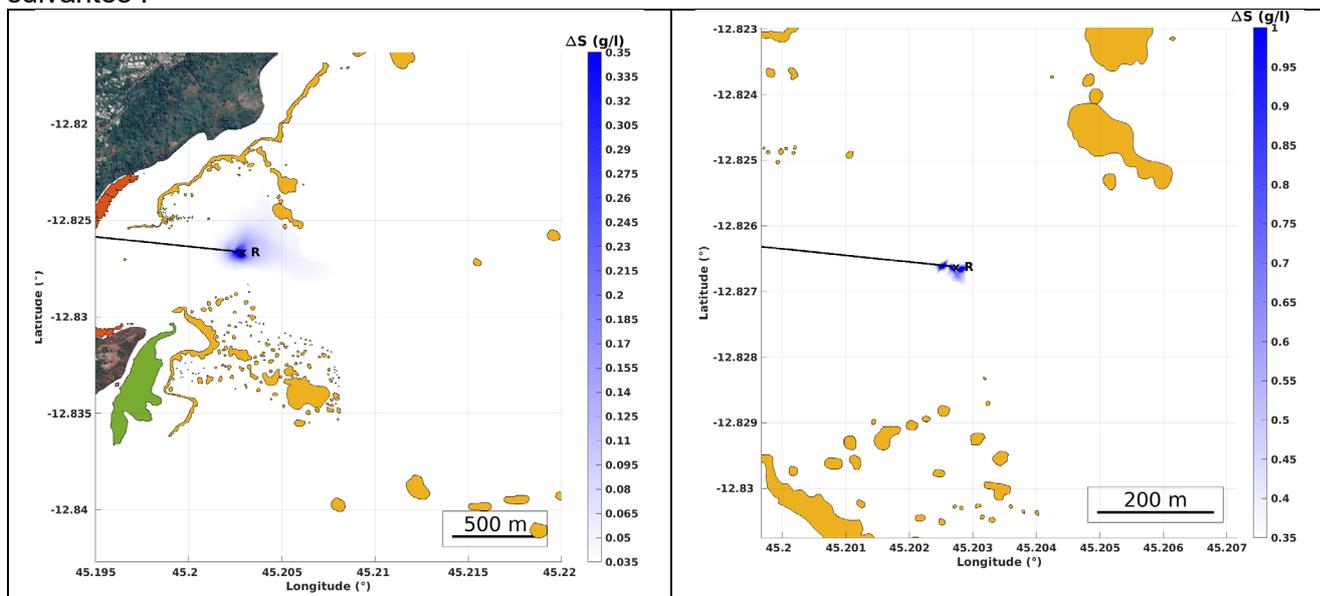


Panache au fond par vent de SSE pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)

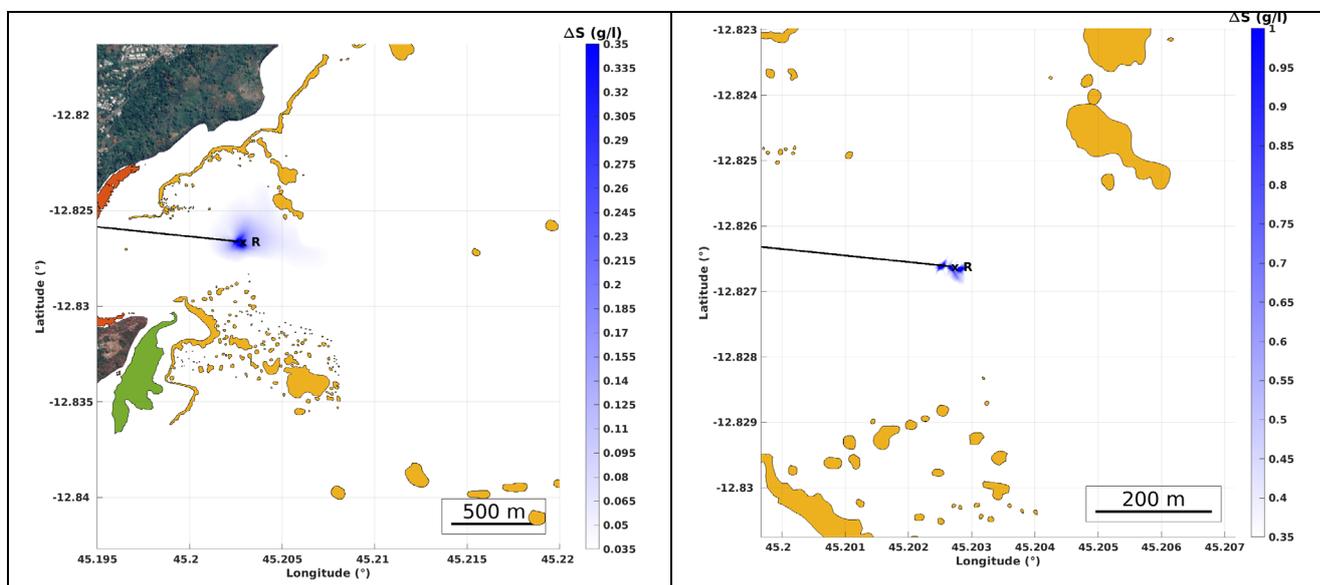
4.1.4. Diffusion du panache d'eaux sursalées : Point de rejet P4

4.1.4.1. Rejet à la salinité nominale (65.2 g/L)

Les résultats de simulation avec une salinité nominale à 65,2 g/L sont donnés par les figures suivantes :



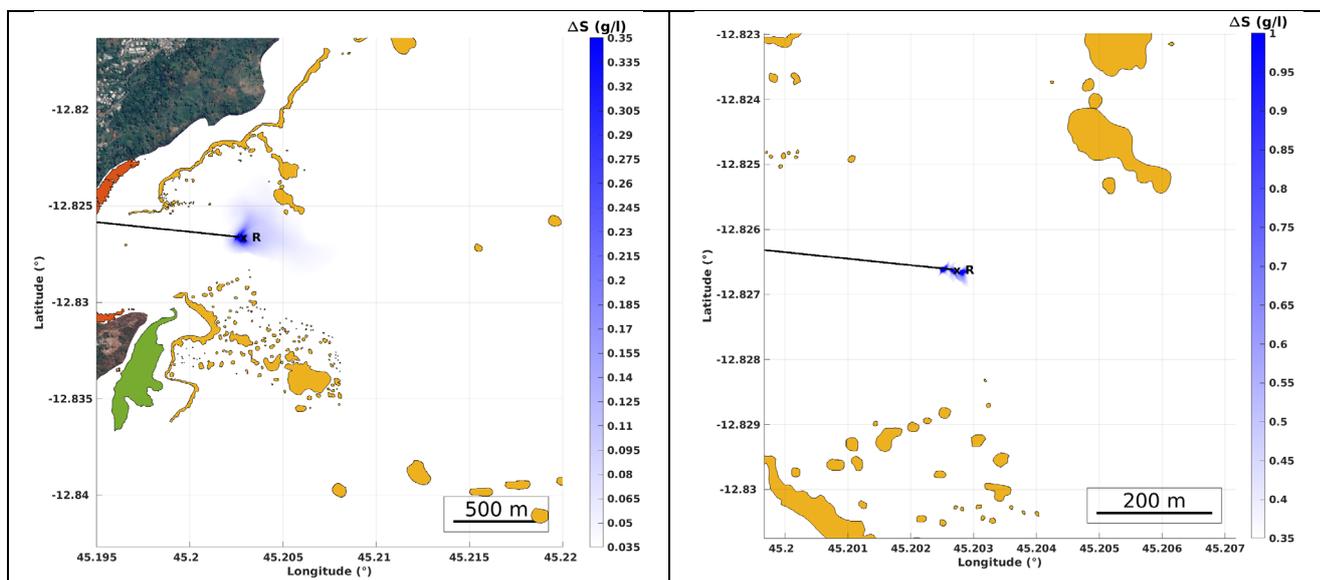
Panache au fond par vent nul pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)



Panache au fond par vent de NNO pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)

LES EAUX DE MAYOTTE

MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

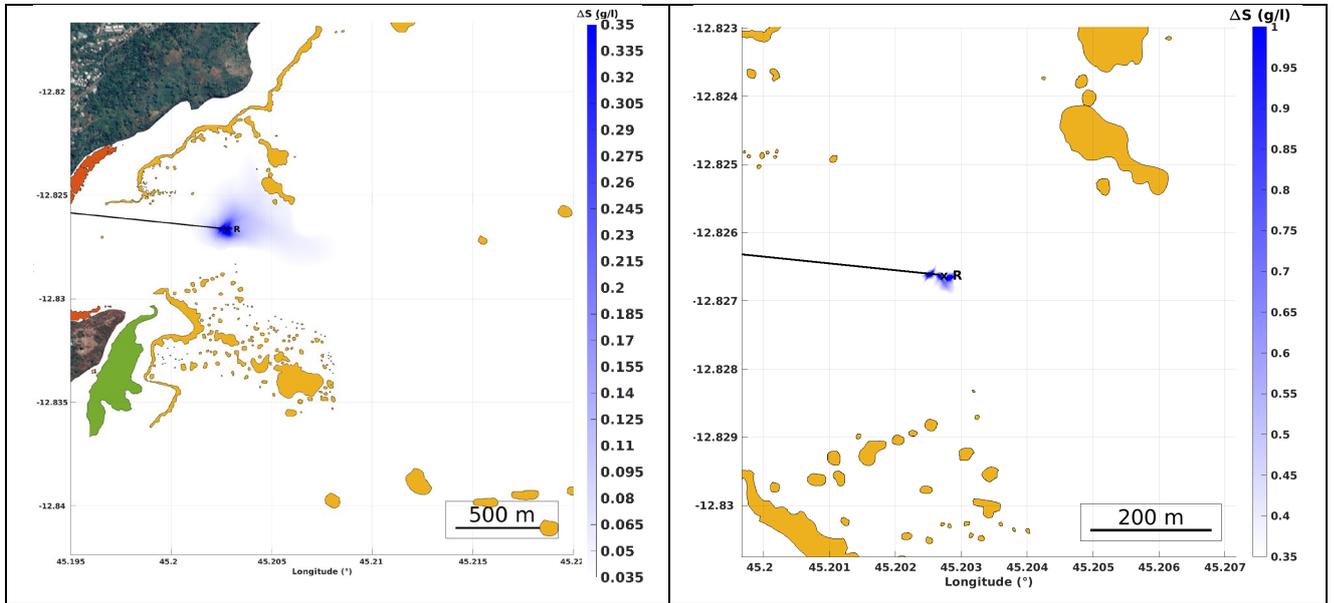


Panache au fond par vent de SSE pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)

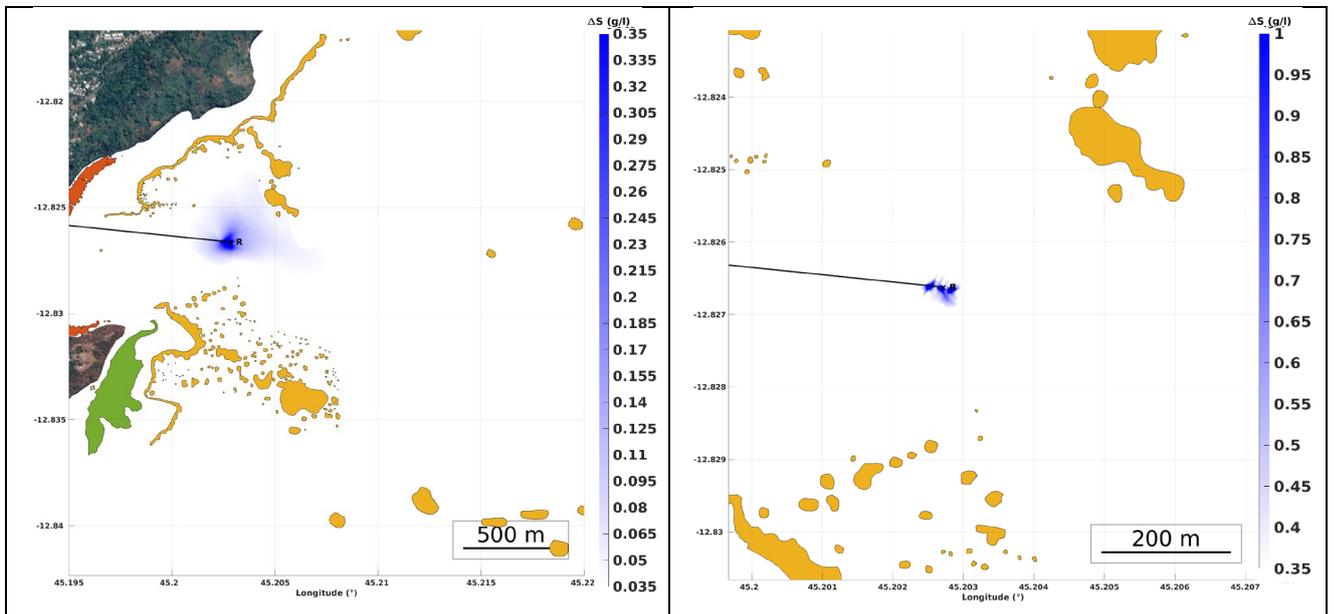
LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

4.1.4.2. Rejet à la salinité maximale (70,1 g/L)

Les résultats de simulation avec une salinité maximale de 70,1 g/L sont donnés par les figures suivantes :



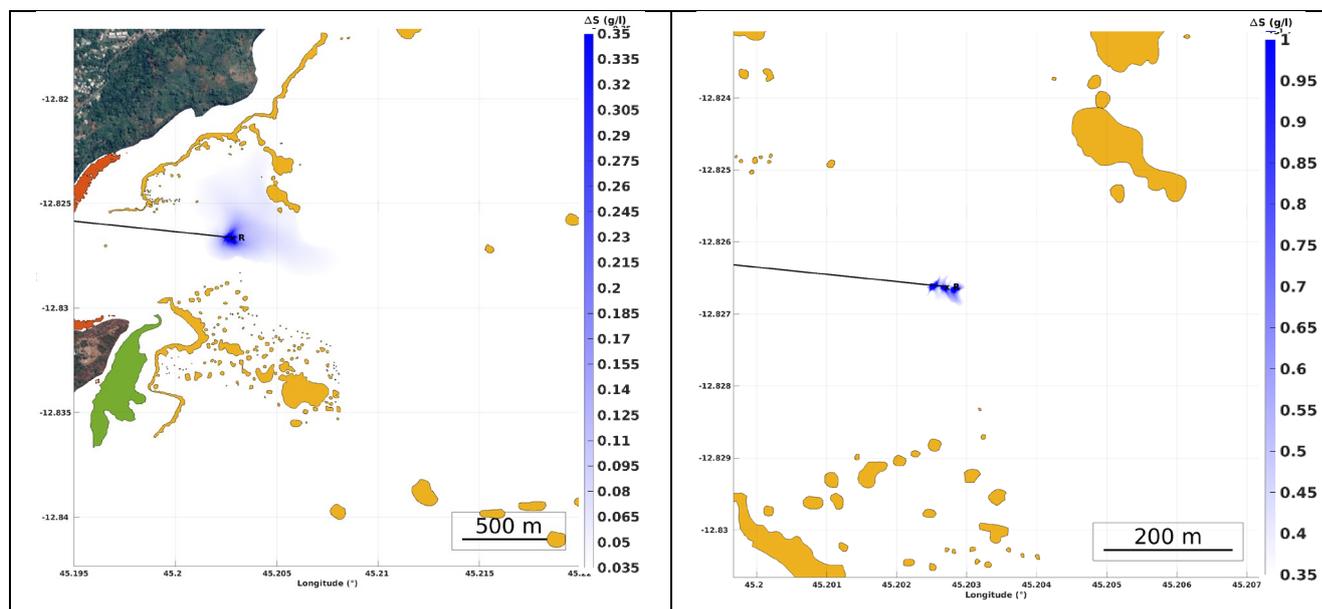
Panache au fond par vent nul pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)



Panache au fond par vent de NNO pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)

LES EAUX DE MAYOTTE

MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

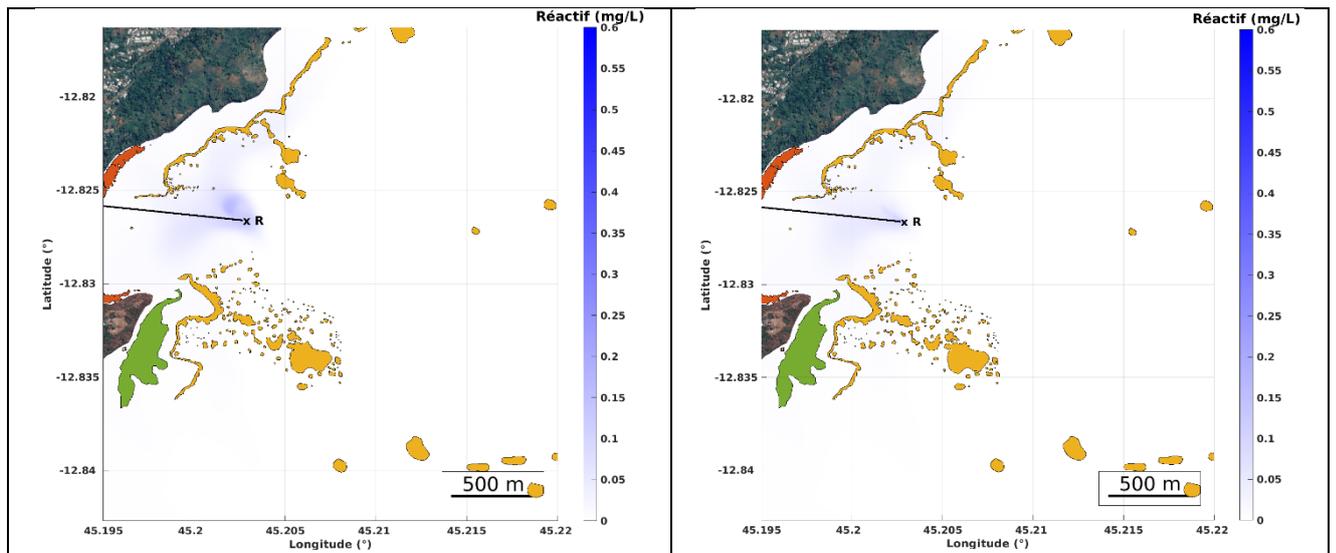


Panache au fond par vent de SSE pour 2 seuils (gauche 0.035g/L ; droite 0,35 g/L)

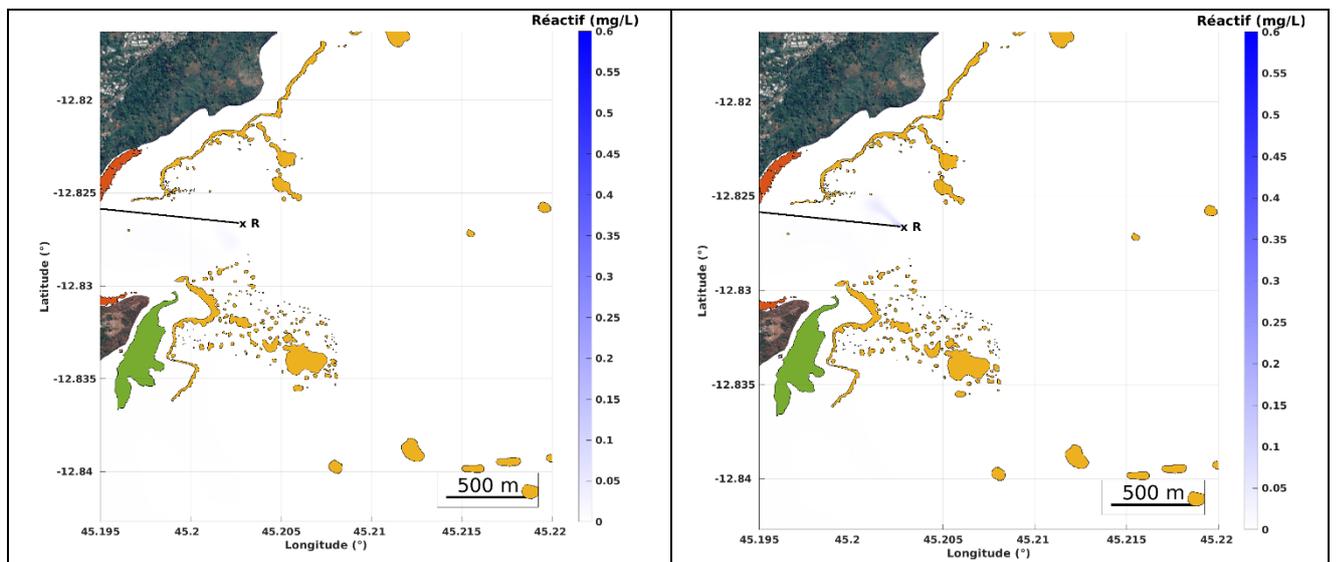
4.1.5. Diffusion du panache de réactif, de MES, de température et du pH sur P4

4.1.5.1. Diffusion du panache de réactif antitartre

Les résultats de simulation de la diffusion du panache de solution antitartre, au bout de 15 jours, au fond et en surface, sont donnés par les figures suivantes. Pour rappel, les hypothèses de modélisation n'intègrent pas la biodégradabilité de l'antitartre choisi par l'entreprise retenue.

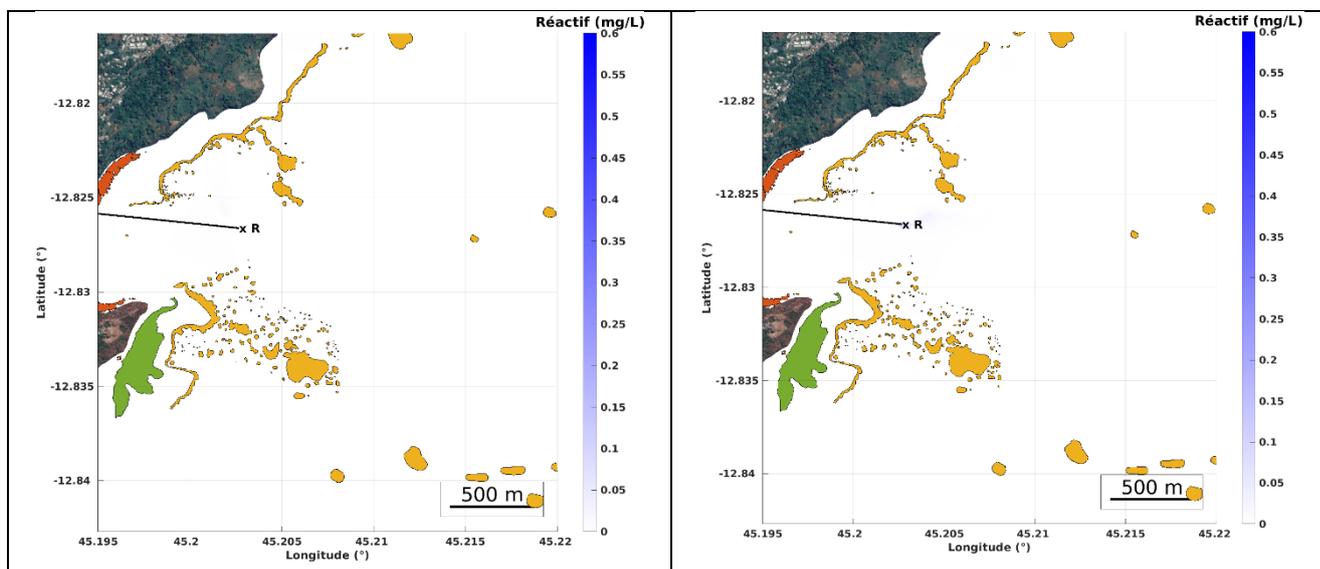


Panache de réactif antitartre en surface (gauche) et au fond (droite) par vent nul



Panache de réactif antitartre en surface (gauche) et au fond (droite) par vent de NNO

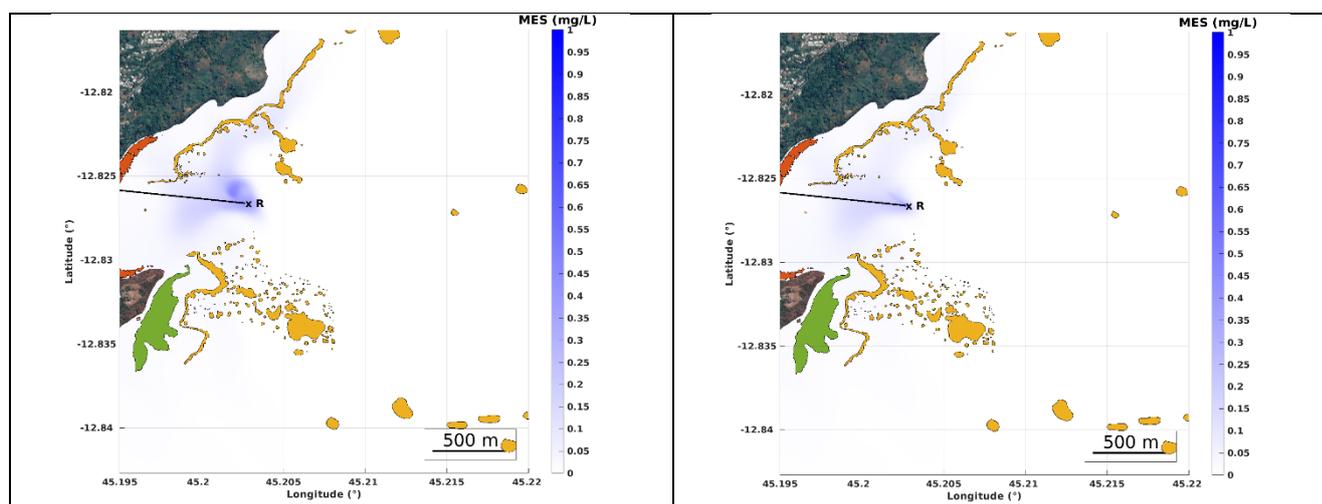
LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



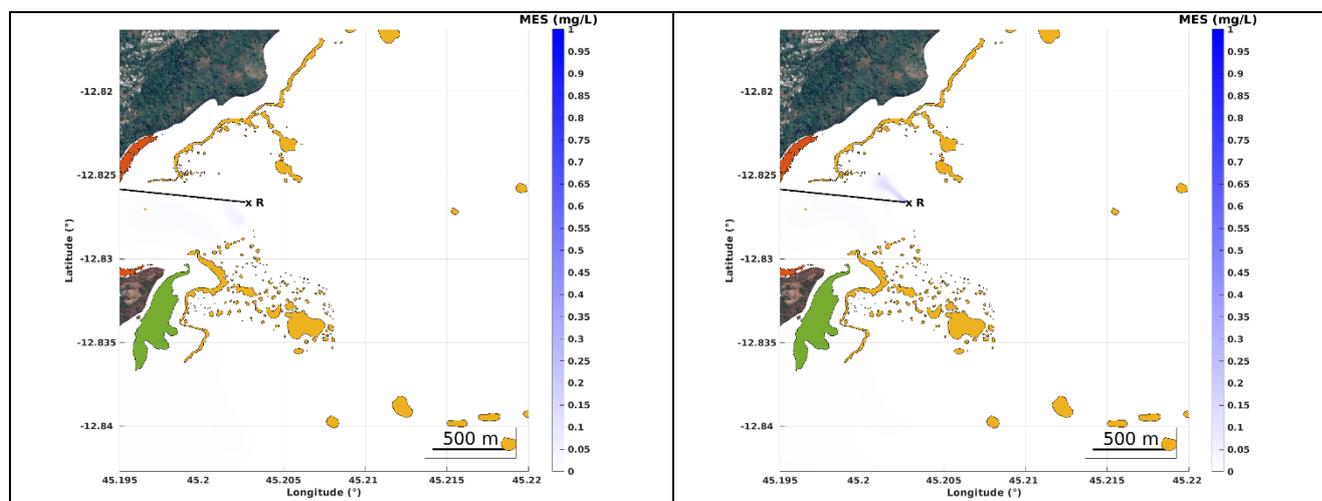
Panache de réactif antitartre en surface (gauche) et au fond (droite) par vent de SSE

4.1.5.2. Diffusion du panache de MES

Les résultats de simulation de la diffusion du panache des Matières en Suspension (MES) pour la tranche 0 au bout de 15 jours, au fond et en surface, sont donnés par les figures suivantes :



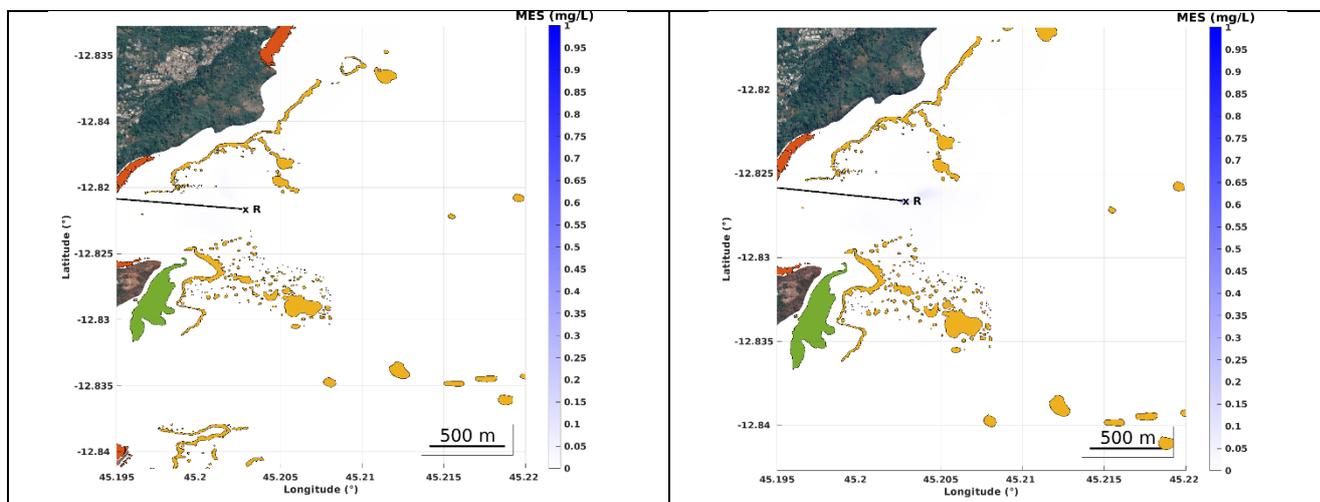
Panache de MES au fond par vent nul en surface (gauche) et au fond (droite)



Panache de MES au fond par vent de NNO en surface (gauche) et au fond (droite)

LES EAUX DE MAYOTTE

MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

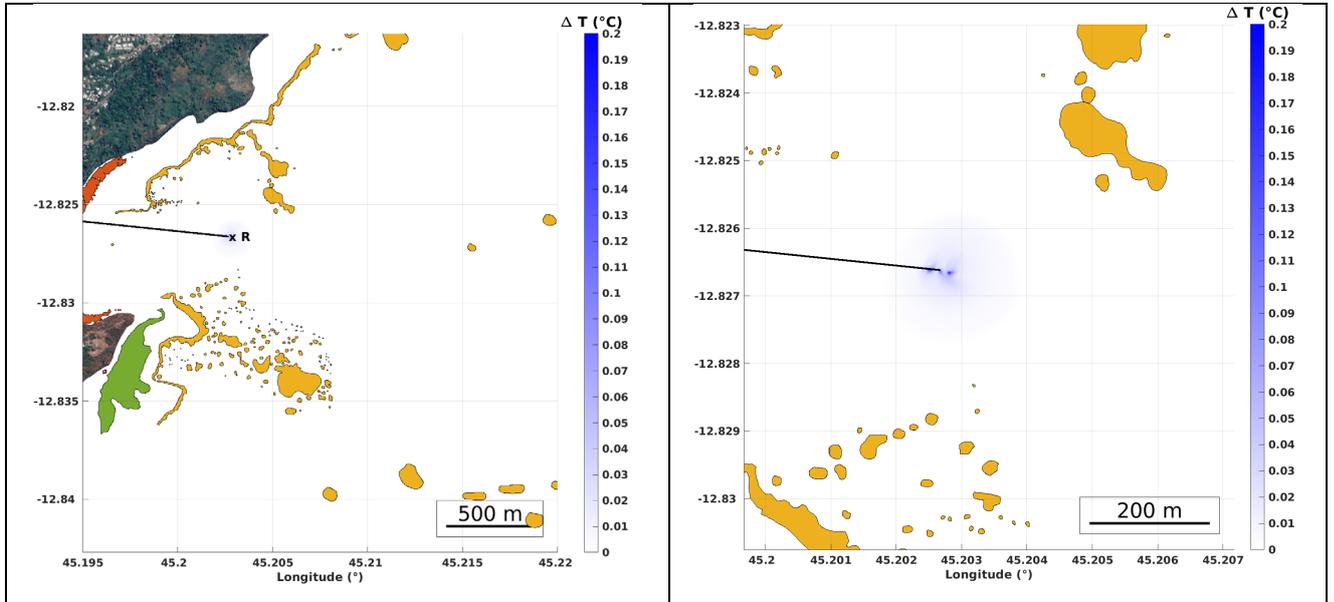


Panache de MES au fond par vent de SSE en surface (gauche) et au fond (droite)

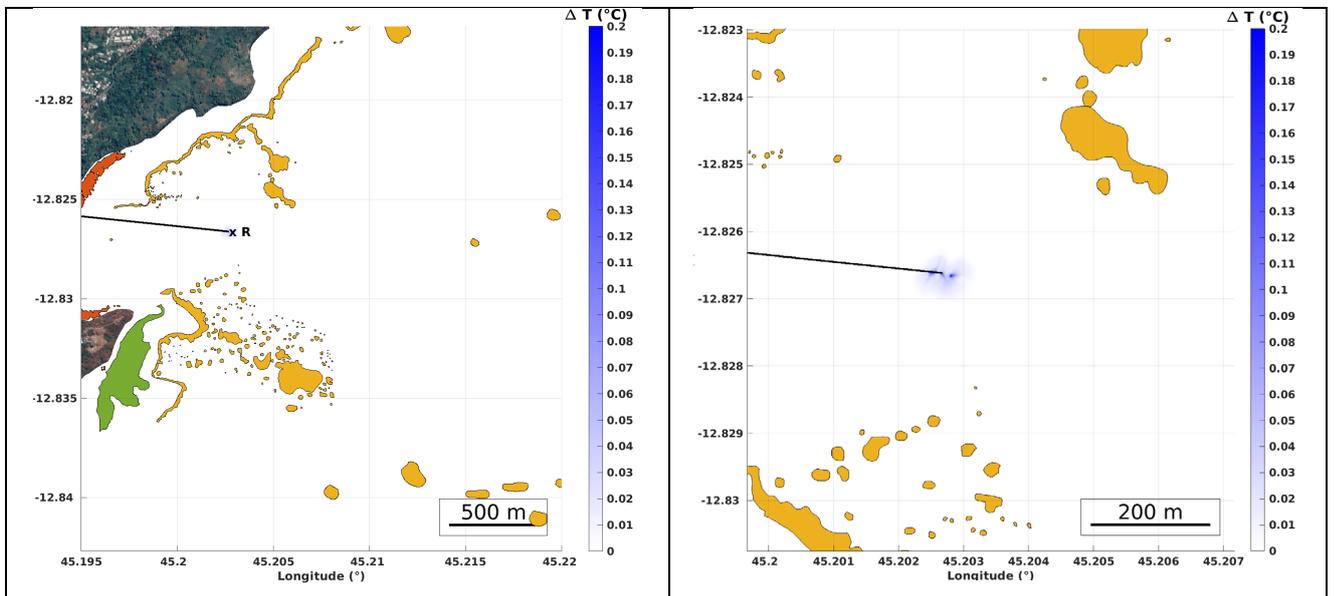
LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

4.1.5.3. Diffusion du panache thermique

Les résultats de simulation de la diffusion du panache thermique pour la tranche 0 au bout de 15 jours sont donnés par les figures suivantes :



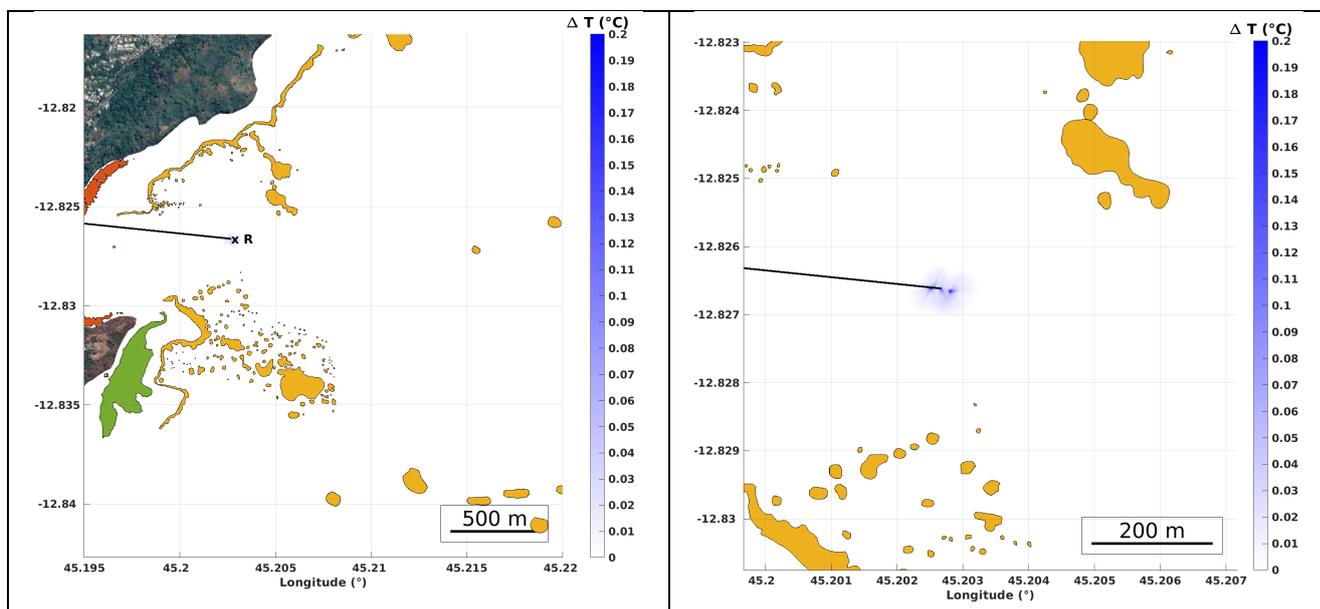
Panache thermique au fond par vent nul sur la zone d'influence totale (gauche) et zoomé autour du point de rejet (droite)



Panache thermique au fond par vent de NNO sur la zone d'influence totale (gauche) et zoomé autour du point de rejet (droite)

LES EAUX DE MAYOTTE

MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

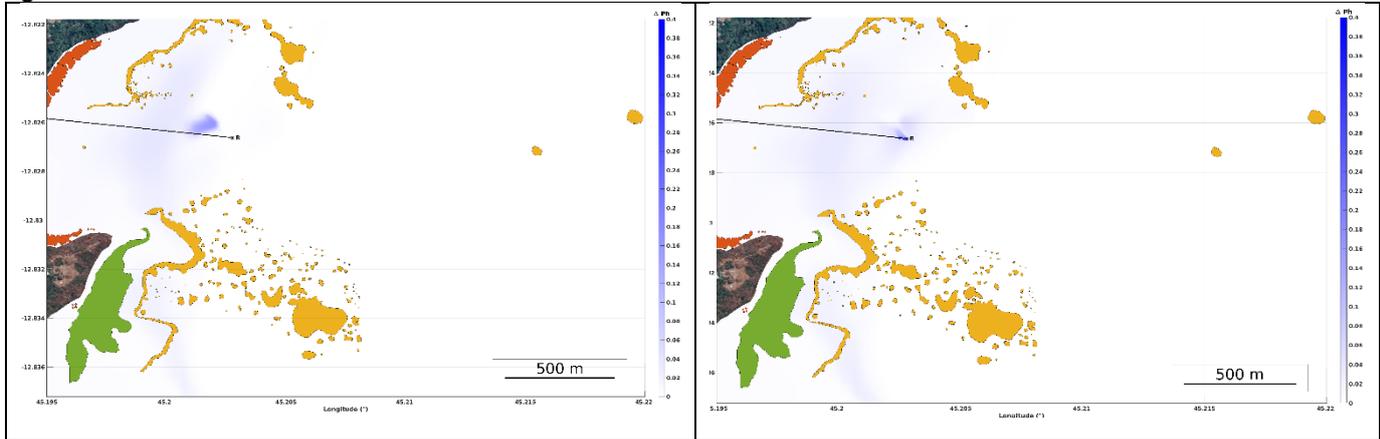


Panache thermique au fond par vent de SSE sur la zone d'influence totale (gauche) et zoomé autour du point de rejet (droite)

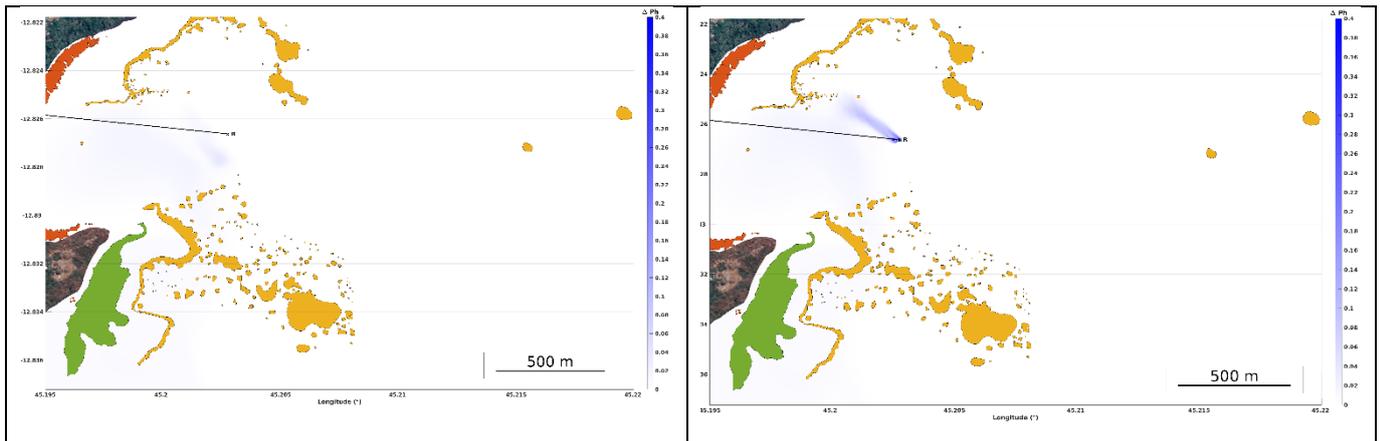
LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE

4.1.5.4. Diffusion du panache de pH neutre

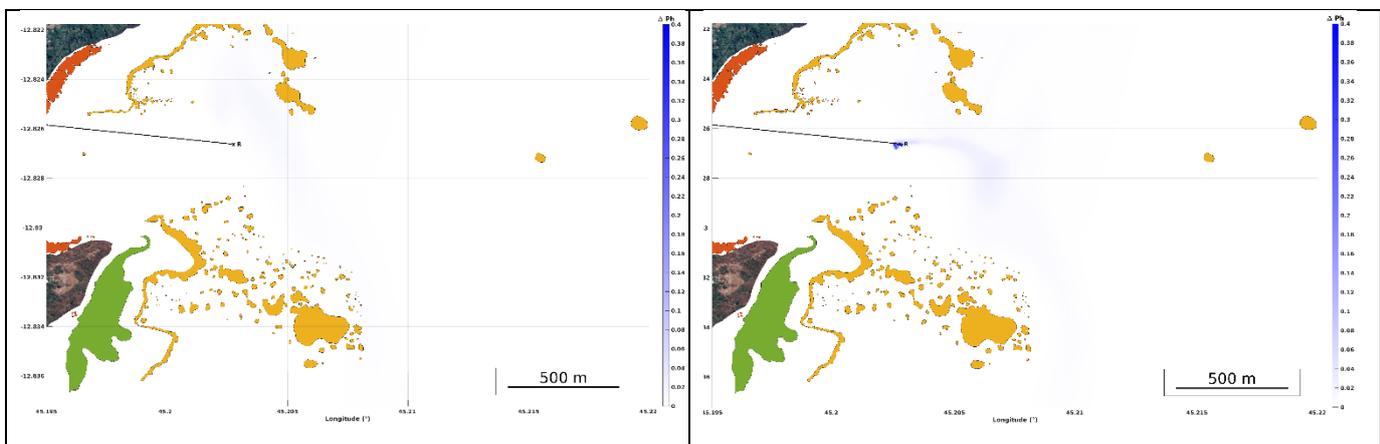
Les résultats de simulation de la diffusion du panache plus acide que l'eau de mer ambiante (pH au point de rejet = 7.2 ; pH moyen de l'eau de mer sur Ironi Bé = 8.1) sont donnés par les figures suivantes :



pH en surface (gauche) et au fond (droite) par vent nul



pH en surface (gauche) et au fond (droite) par vent de NNO



pH en surface (gauche) et au fond (droite) par vent de SSE

4.2. Modélisation long terme de la diffusion des eaux sursalées

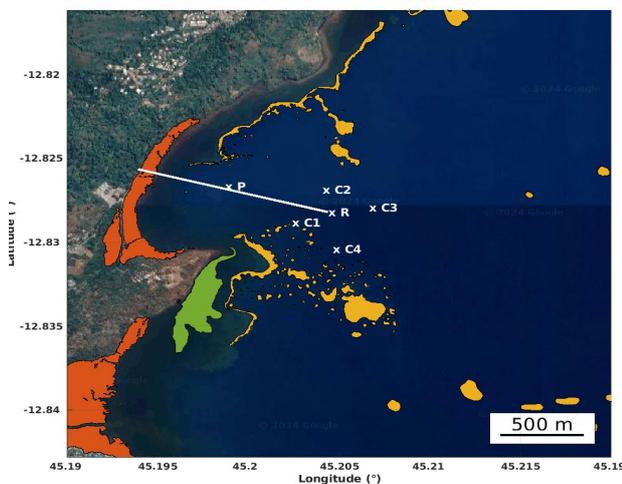
Les positions P2 et P4 de localisation du point de rejet ont été retenues pour cette modélisation à long terme sur une année, avec 2 débits distincts pour P2 et 1 seul débit pour P4. Le vent a été considéré constant de NNO à une vitesse moyenne de 3.5 m/s pendant les 6 premiers mois et de ESE 4.5 m/s pendant les 6 mois suivants, afin de prendre en compte la variation saisonnière du régime météorologique. Pour chacun des scénarios de rejets, la salinité de l'eau environnante non impactée par le rejet est de 36.6 g/L partout dans le domaine de modélisation.

Tableau 4.3 : Synthèse des caractéristiques des 4 scénarios de rejet simulés sur le long terme (1 année)

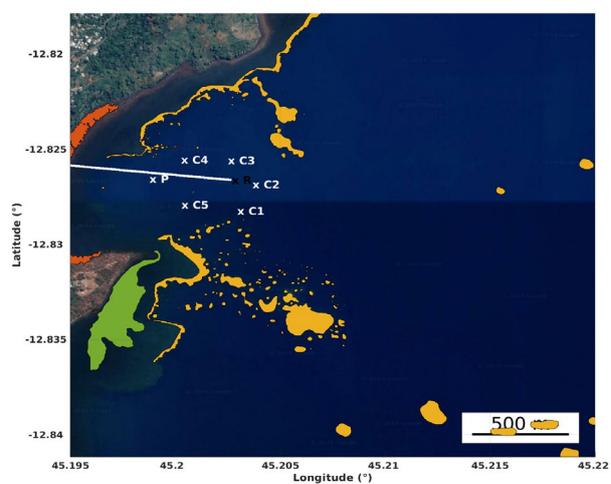
Scénario N°	Marée	Vent	Tranche	Débit (m ³ /j)	Point Rejet	Salinité
25	Marée reproduite sur 1 an	NNO 3.5 m/s sur 6 mois & SSE 4.5 m/s sur 6 mois	0	12789	P2	65.2g/L
26	Marée reproduite sur 1 an	NNO 3.5 m/s sur 6 mois & SSE 4.5 m/s sur 6 mois	1B	22381	P2	65.2g/L
27a	Marée reproduite sur 1 an	NNO 3.5 m/s sur 6 mois & SSE 4.5 m/s sur 6 mois	0	12789	P4	65.2g/L
27b	Marée reproduite sur 1 an	NNO 3.5 m/s sur 6 mois & SSE 4.5 m/s sur 6 mois	0	12789	P4	70.1g/L

Les figures des sections suivantes présentent d'une part les variations maximales de concentration en sel par rapport à la salinité ambiante dans la zone de rejet, et d'autre part ces variations au cours du temps pendant toute la durée de simulation (1 année) sur des points de référence définis autour du point de rejet (cf figure ci-après).

Les résultats confirment les conclusions issues des modélisations sur 15 jours.



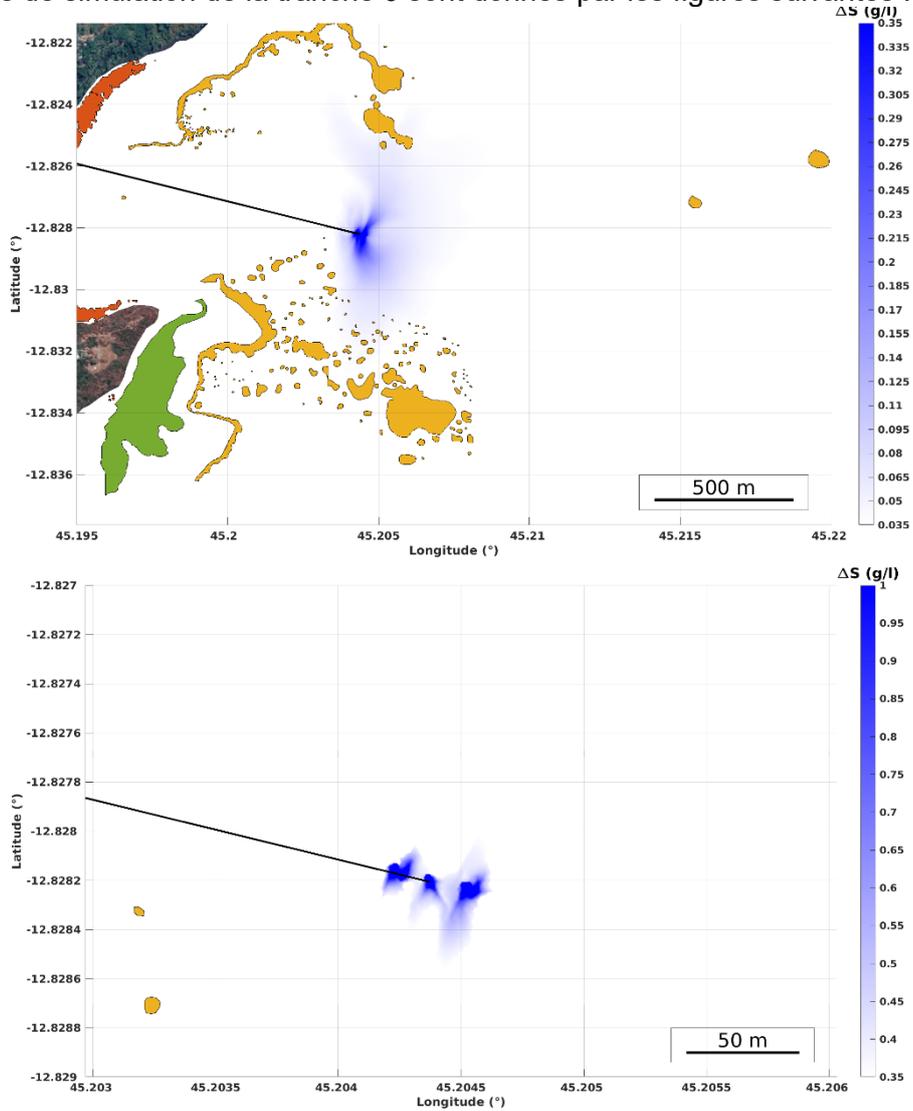
Points de référence autour du point de rejet P2



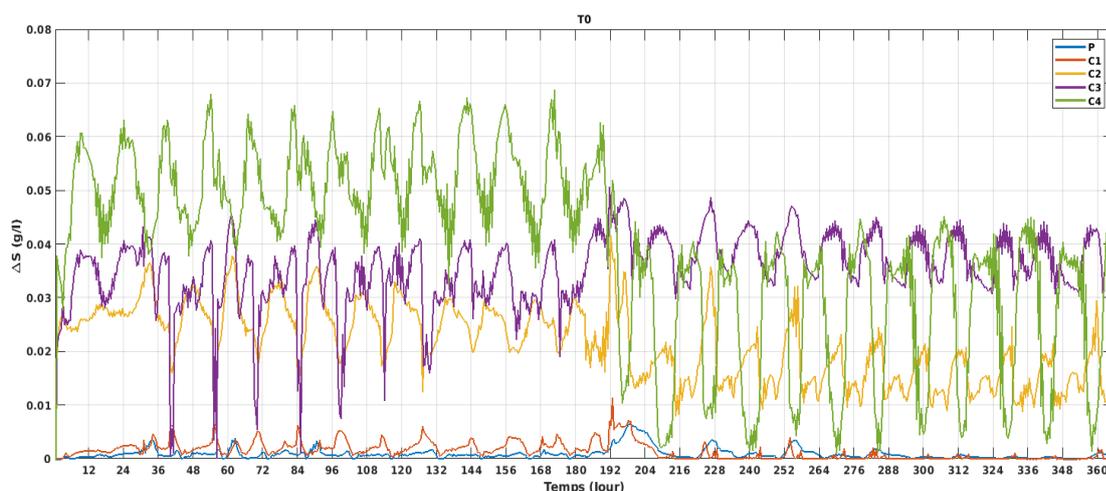
Points de référence autour du point de rejet P4

4.2.1. Diffusion à long terme de panache d'eaux sursalées : Point de rejet P2

Les résultats de simulation de la tranche 0 sont donnés par les figures suivantes :



Panache de sursalinité maximale au fond pour 2 seuils (haut : 0.035g/L et bas : 0,35 g/L)

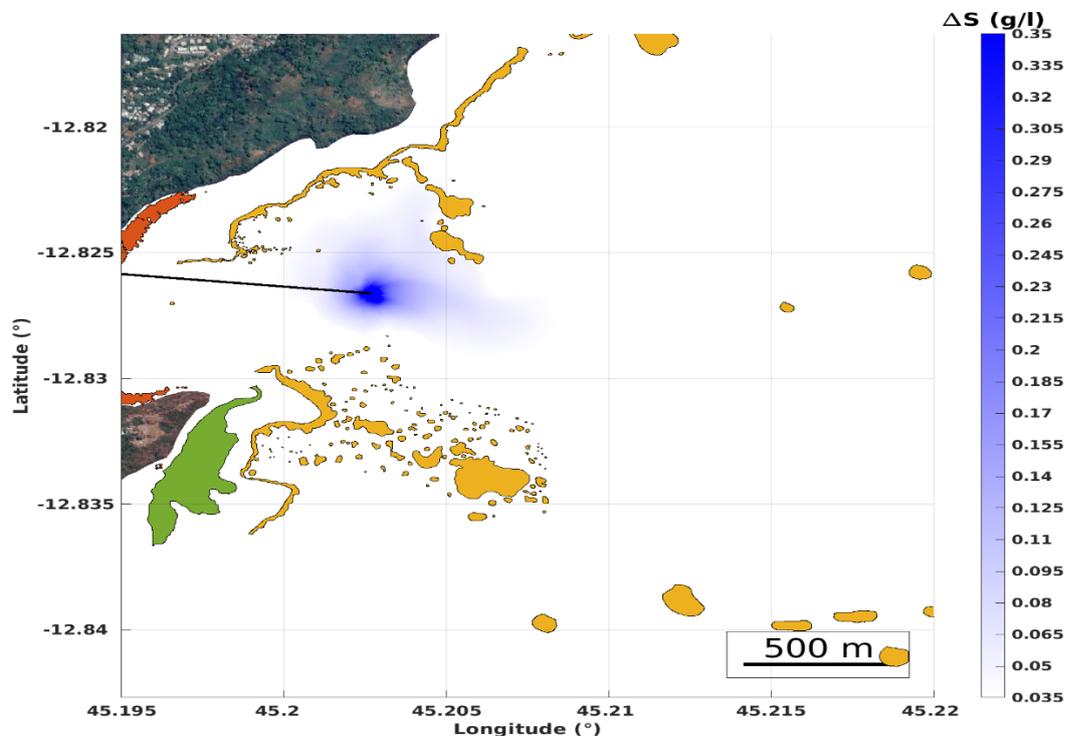


Variations des surconcentrations en sel au cours du temps pendant toute la durée de simulation (1 année) sur les points de référence P, C1, C2, C3, et C4

4.2.2. Diffusion à long terme de panache de saumure : Point de rejet P4

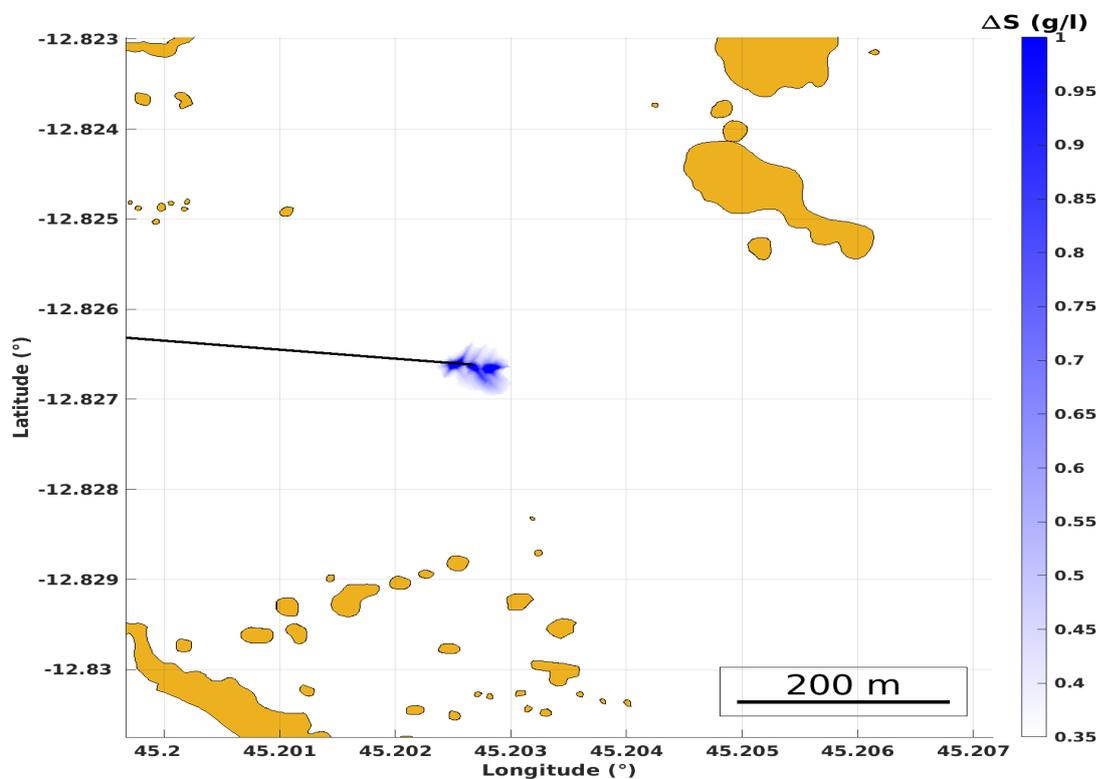
4.2.2.1. Rejet à la salinité nominale (65.2 g/L)

Les résultats de simulation de la tranche 0 avec une salinité nominale à 65.2 g/L sont donnés par les figures suivantes :

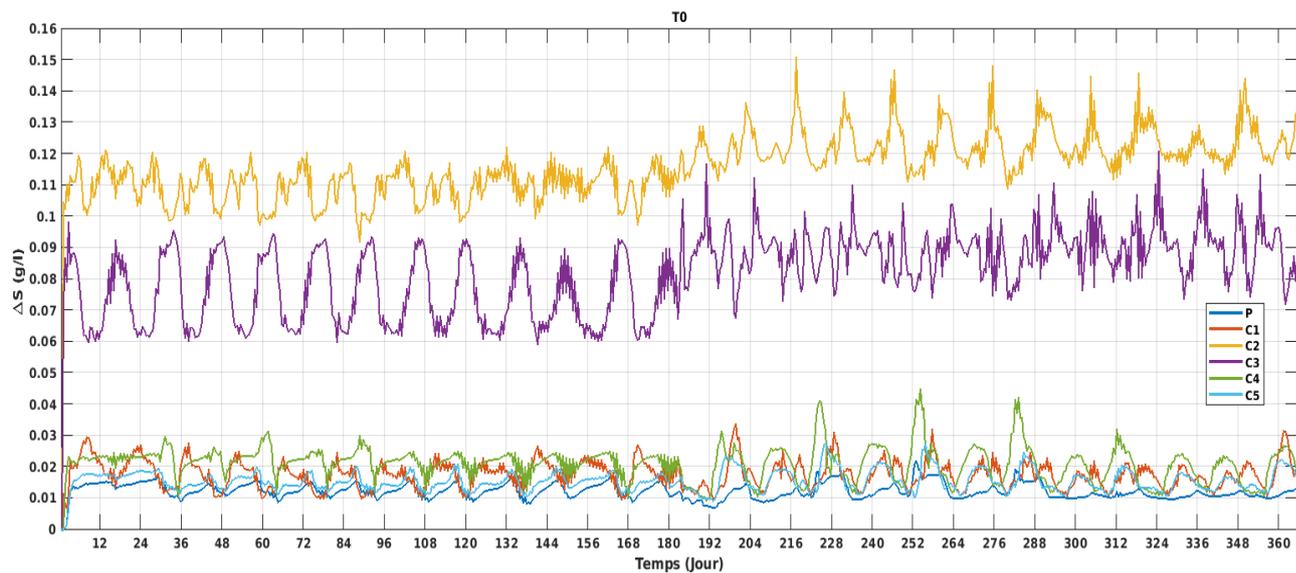


LES EAUX DE MAYOTTE

MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



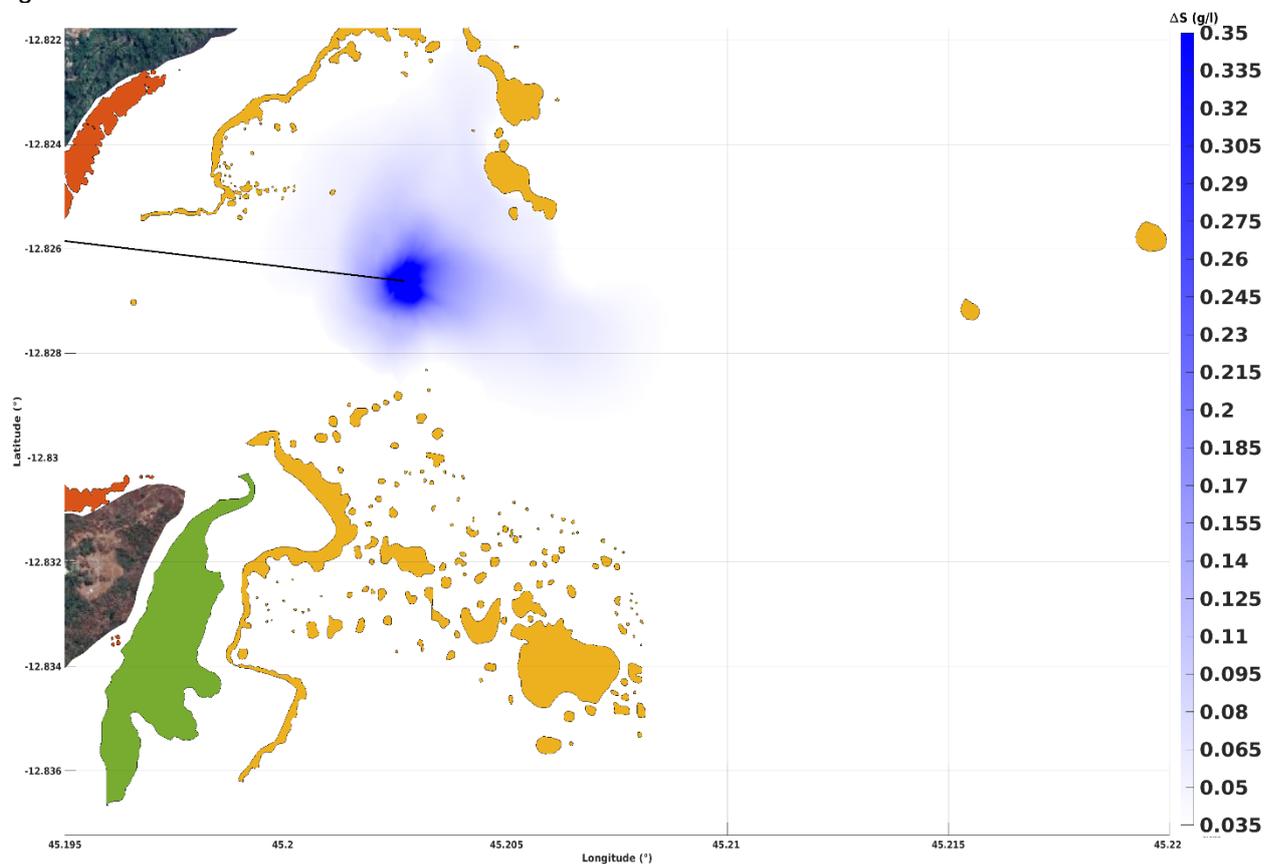
Panache de sursaliné maximale au fond pour 2 seuils (haut : 0.035g/L et bas : 0.35 /L)



Variations des surconcentrations en sel au cours du temps pendant toute la durée de simulation (1 année) sur les points de référence P, C1, C2, C3, C4, et C5

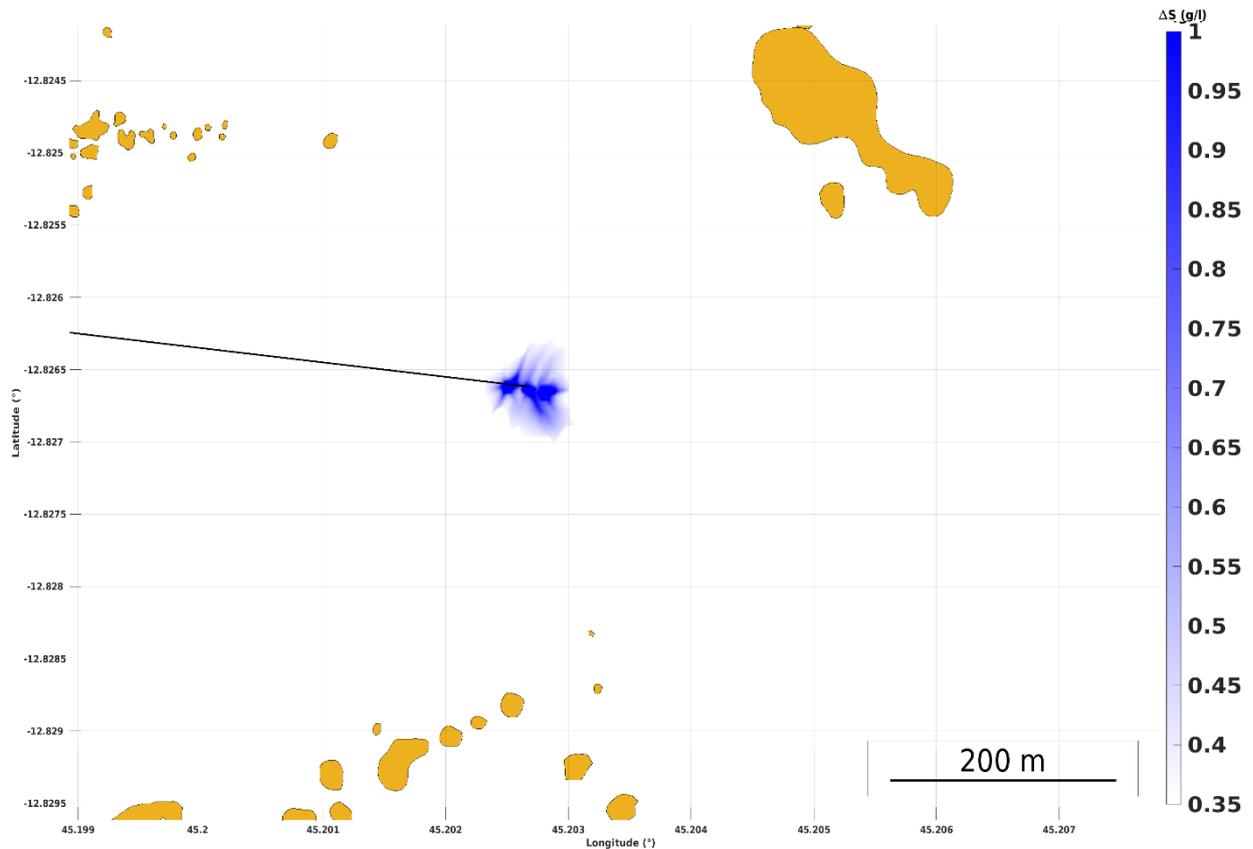
4.2.2.2. Rejet à salinité maximale (70.1 g/L)

Les résultats de simulation de la tranche 0 avec une salinité maximale de 70.1 g/L sont donnés par les figures suivantes :

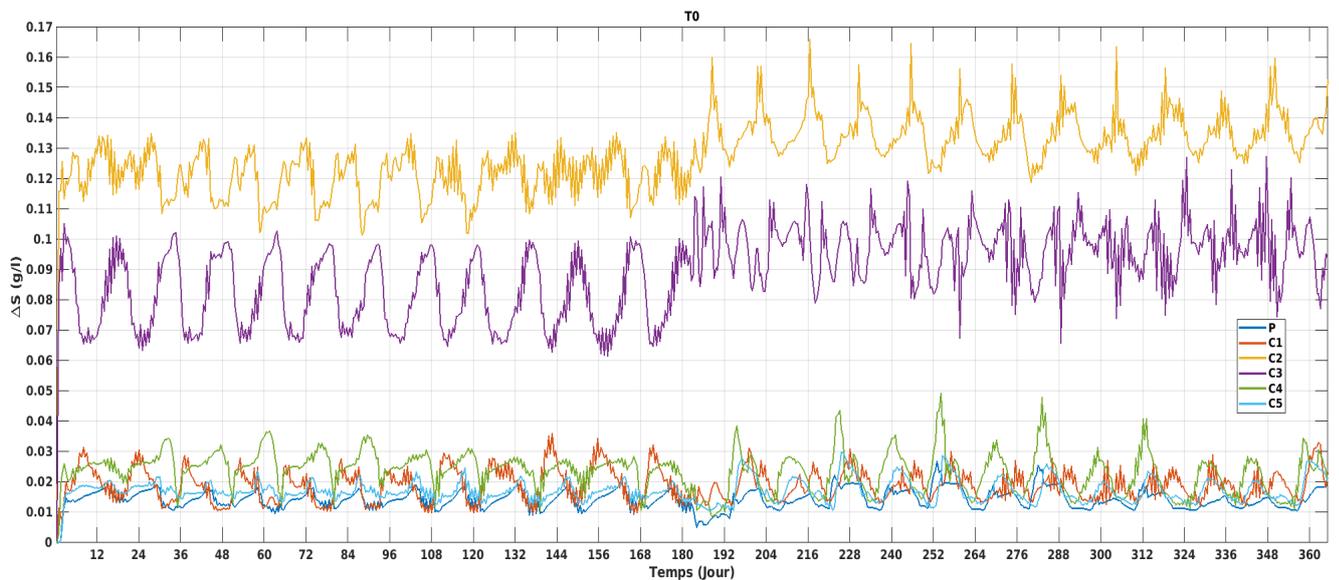


LES EAUX DE MAYOTTE

MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



Panache de sursalinité maximale au fond pour 2 seuils (haut : 0.035g/L et bas : 0.35 /L)



Variations des surconcentrations en sel au cours du temps pendant toute la durée de simulation (1 année) sur les points de référence P, C1, C2, C3, C4, et C5

5. Synthèse et conclusion

Un modèle hydrodynamique 3D a été mis en œuvre afin d'évaluer l'impact des rejets d'une usine de dessalement sur l'environnement, en particulier à proximité des zones à enjeux. La marée relativement importante a été combinée au forçage météorologique (vent) dans la modélisation, en retenant une valeur de vent caractéristique pour chaque saison.

Les courants modélisés sont faibles dans la baie d'Ironi Be, avec des maxima de 0,2 m/s, ce qui est en accord avec les conclusions du rapport MIO n°822C34 du 13/02/2024.

Des simulations à court terme (15 jours) ont été réalisées pour 4 positions potentielles de point de rejet, avec pour chacune 3 conditions de vent (incluant le vent nul). Les concentrations du panache de saumure au bout de 15 jours, ainsi que les concentrations maximales atteintes en tout de point du domaine de modélisation au cours de 15 jours de diffusion, ont été déduites pour chaque condition. En ont été dérivés des surplus de salinité vis à vis de la salinité ambiante. Les résultats ont mis en évidence :

- L'absence de sursalinité en surface
- Au fond, des sursalinités inférieures à 0,035 g/L (0,1% de la salinité naturelle) à proximité des récifs et massifs coralliens.
- Des sursalinités supérieures à 0,35 g/L (1% de la salinité naturelle) limitées à un rayon de 50m autour du point de rejet.

Des simulations à long terme (1 année) ont également été réalisées sur 2 points de rejet en tenant compte de la variabilité saisonnière. L'évolution de la sursalinité a ensuite été étudiée sur plusieurs points de contrôle. Les résultats ont mis en évidence, sur une année :

- L'absence d'accumulation de sel dans le temps
- L'absence de sursalinité à proximité des zones à enjeux environnementaux et du point de pompage.

En conclusion et quels que soient les scénarios considérés, les surplus de salinité sont faibles dans la zone d'étude. Les sursalinités supérieures à 1% de la salinité ambiante (0,35 g/L) sont observées uniquement autour des points de rejet, dans un rayon de 30 à 50m selon le scénario. **Ces résultats s'expliquent par la présence de diffuseurs qui permettent une bonne dilution des rejets.**

Par ailleurs, étant donné la densité des eaux sursalées, une très faible quantité remonte en surface sous les effets combinés de la vitesse de rejet et de la diffusion verticale.

Les concentrations en réactif (antitartre), MES, et les différences de température et de pH par rapport aux conditions moyennes ont été modélisées sur P4. Les résultats montrent :

- Pour tous les paramètres, les conditions les plus pénalisantes obtenues par vent nul.
- Une concentration en antitartre maximale de 0,05 mg/L à proximité des récifs coralliens, par vent nul. Par vent de nord ou de sud, le panache est fortement dilué et proche de 0 mg/L autour des récifs. Il s'agit d'une hypothèse pénalisante puisque la modélisation ne prend pas en compte la biodégradabilité du réactif.
- Près des récifs, une concentration en MES maximale par vent nul de 0,05 mg/L en surface et 0,2 mg/L sur le fond. Ces concentrations sont nettement inférieures au bruit de fond (4 mg/L en moyenne).
- Une augmentation de température maximale de 0,01°C dans un rayon de 100m autour du point de rejet, par vent nul. Au-delà, aucune augmentation n'est observée.
- Par vent nul, le pH à proximité des récifs coralliens est de 8,08 au fond et 8,06 en surface.

ANNEXES

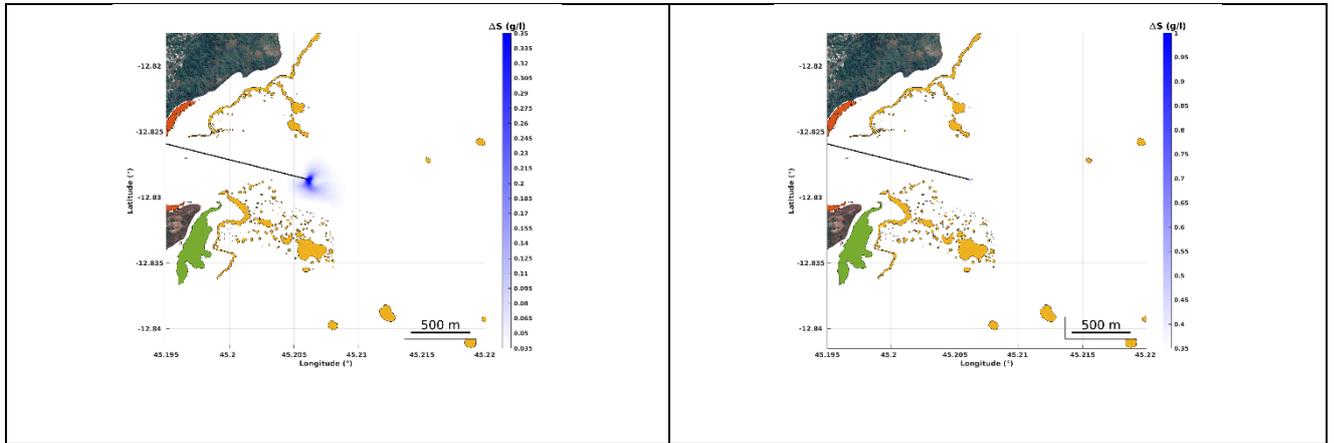
ANNEXE A : SUR-SALINITES MAXIMALES SUR LE DOMAINE DE MODELISATION PENDANT UNE PERIODE DE 15 JOURS

Sont présentées dans cette annexe les maximas de sur-salinité obtenus en chaque point du domaine de modélisation, sur une période de simulation de 15 jours, pour chaque scénario étudié.

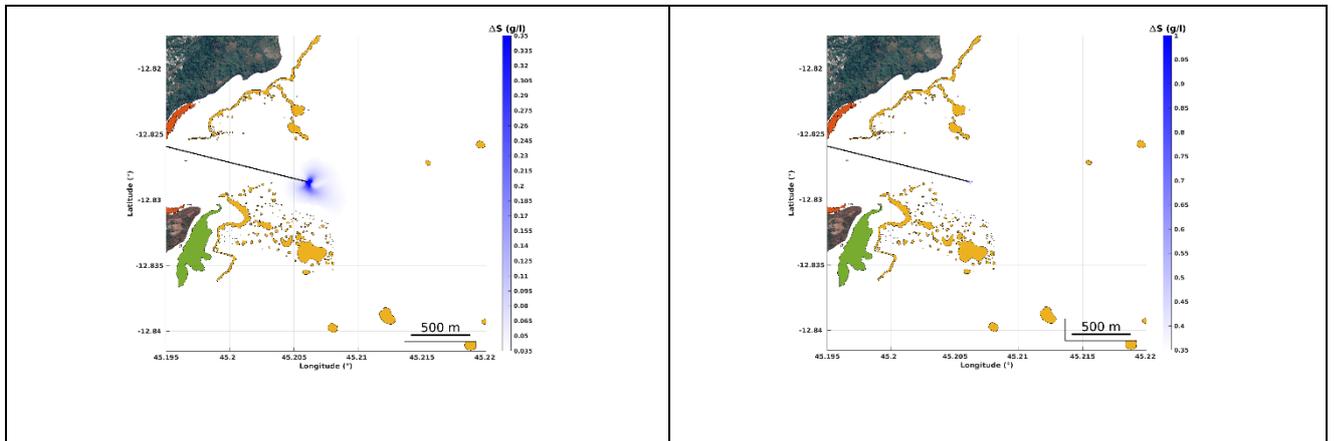
A.1 Point de rejet P1

Les figures suivantes illustrent les sur-salinités maximales atteintes au cours de la diffusion du panache de saumure pendant 15 jours, au point de rejet P1, par vent nul, de NNO et de SSE respectivement.

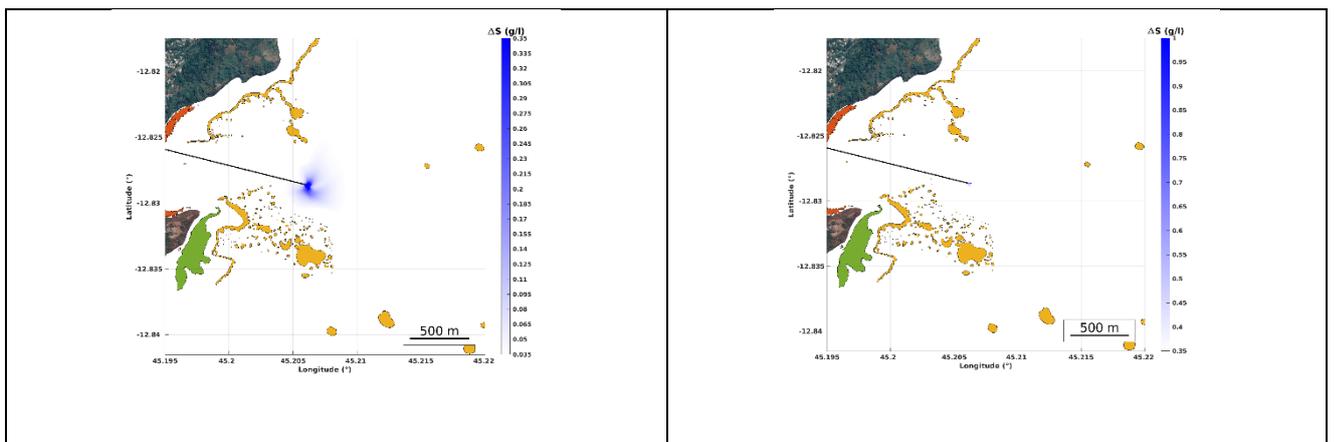
LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



Panache au fond par vent nul pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l)



Panache au fond par vent de NNO pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l)

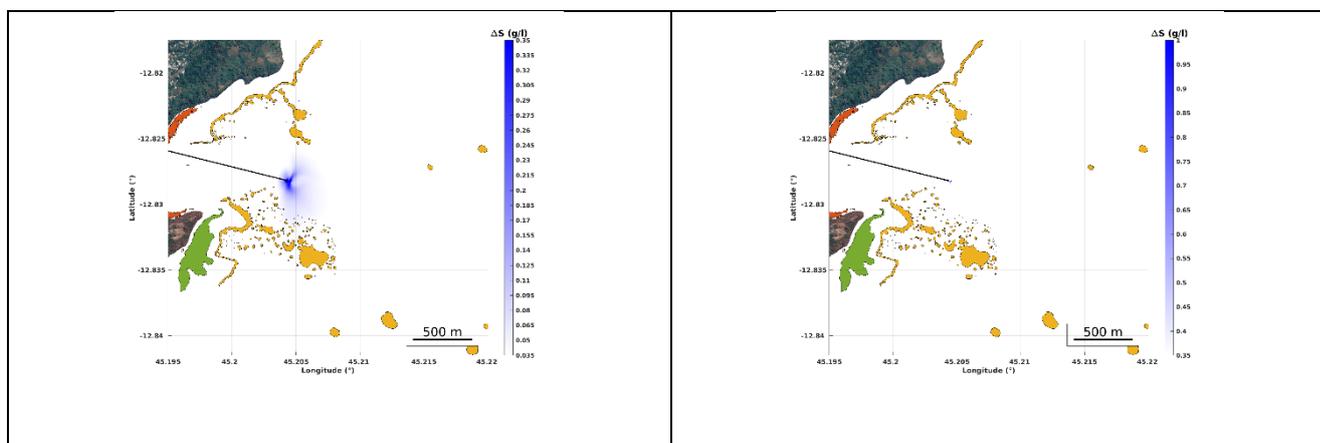


Panache au fond par vent de SSE pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l)

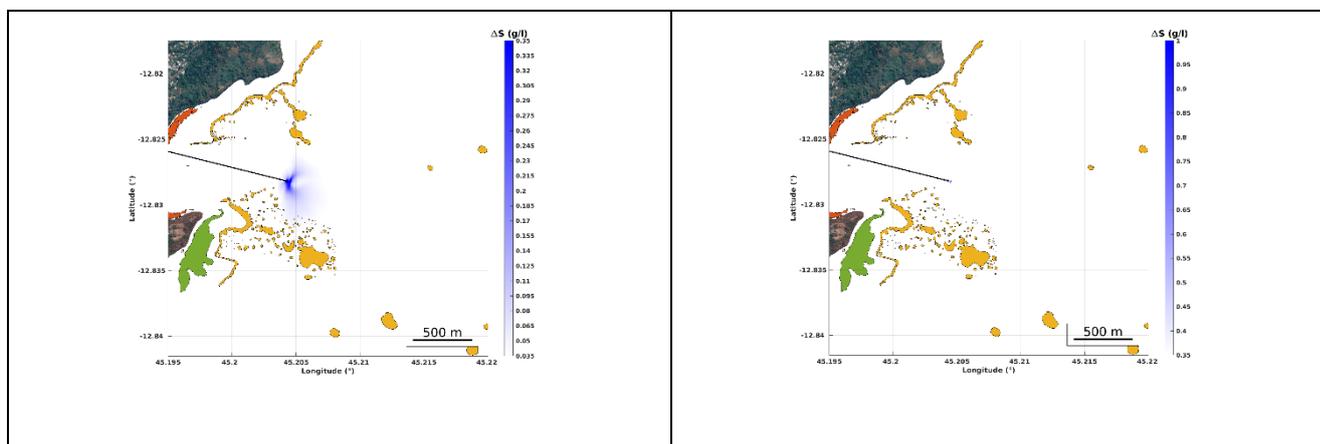
A.2 Point de rejet P2

Les figures suivantes illustrent les sur-salinités maximales atteintes au cours de la diffusion du panache de saumure pendant 15 jours, au point de rejet P2, par vent nul, de NNO et de SSE respectivement.

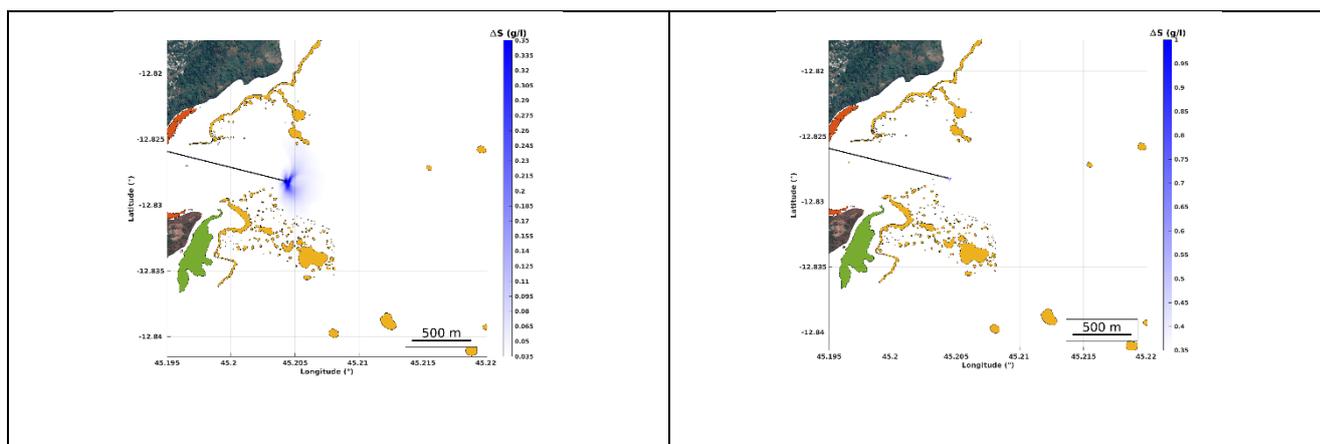
LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



Panache au fond par vent nul pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l)



Panache au fond par vent de NNO pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l)



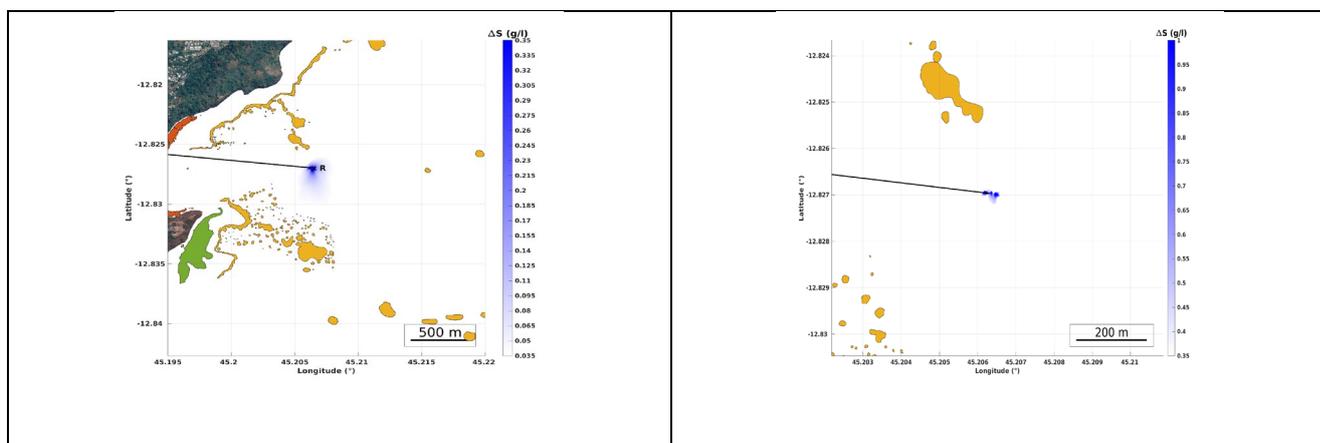
Panache au fond par vent de SSE pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l)

A.3 Point de rejet P3

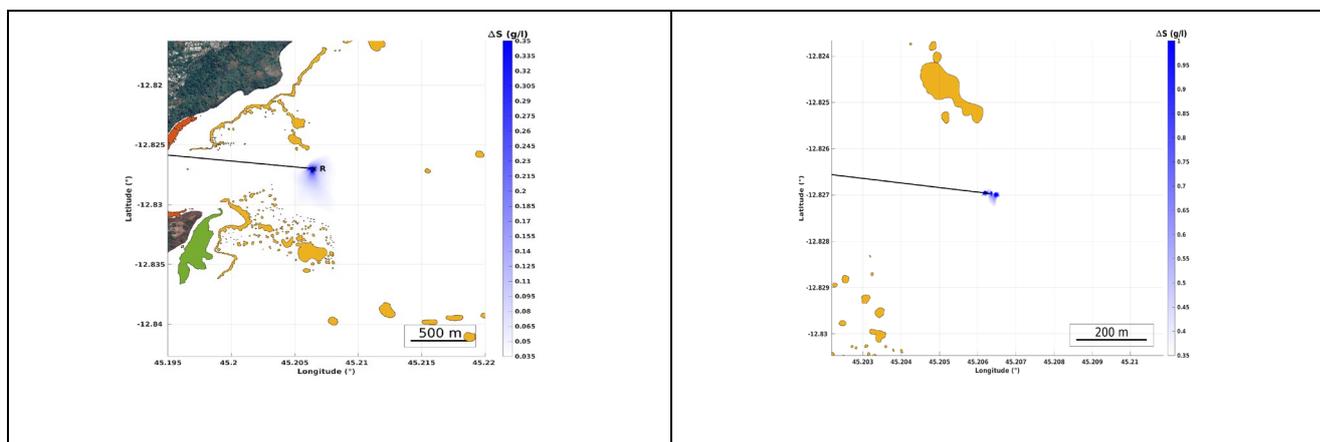
Les figures suivantes illustrent les sur-salinités maximales atteintes au cours de la diffusion du panache de saumure pendant 15 jours, au point de rejet P3, par vent nul, de NNO et de SSE respectivement.

LES EAUX DE MAYOTTE

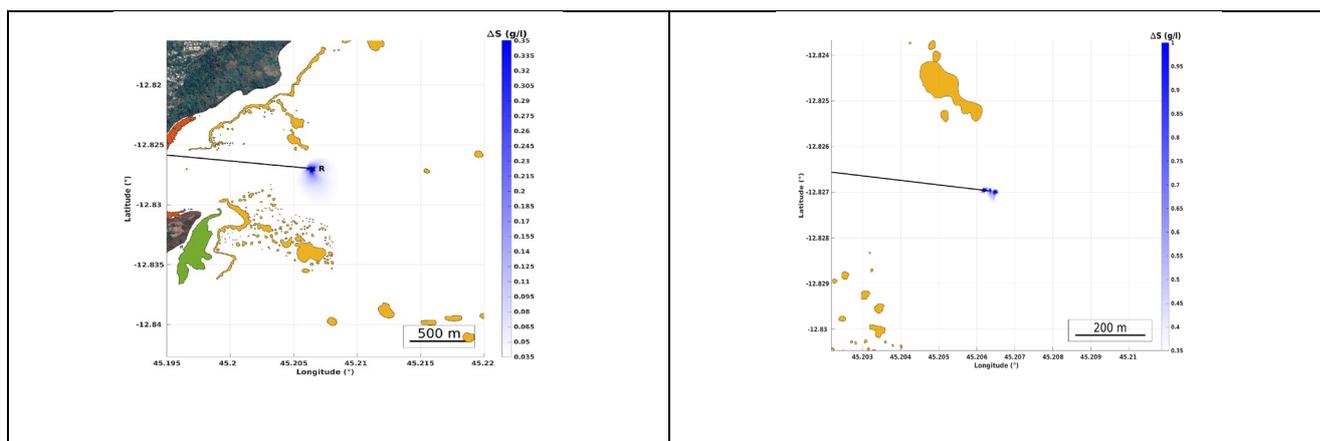
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



Panache au fond par vent nul pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l, zoomé autour du point de rejet)



Panache au fond par vent de NNO pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l, zoomé autour du point de rejet)



Panache au fond par vent de SSE pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l, zoomé autour du point de rejet)

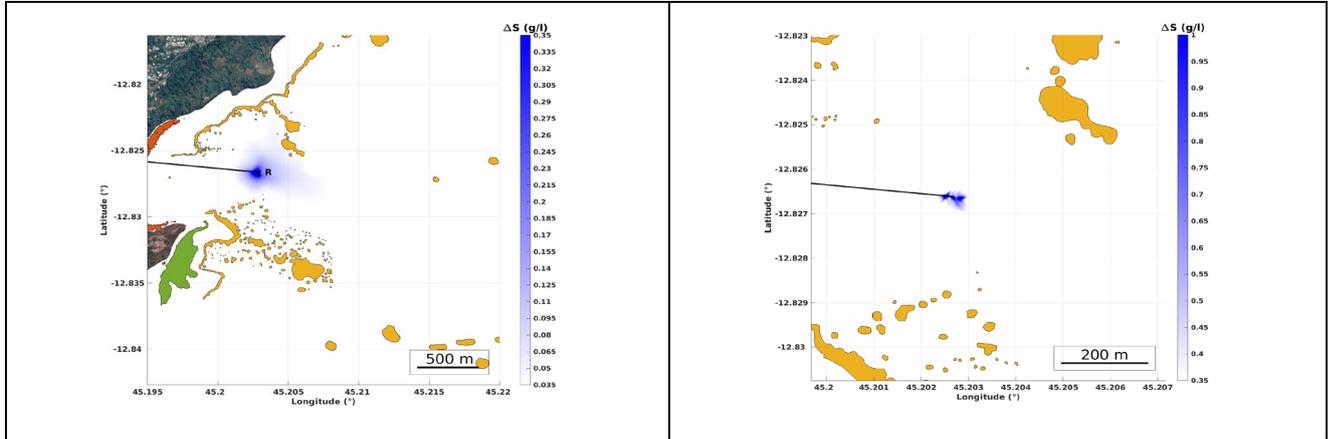
A.4 Point de rejet P4

Les figures suivantes illustrent les sur-salinités maximales atteintes au cours de la diffusion du panache de saumure pendant 15 jours, au point de rejet P4, par vent nul, de NNO et de SSE respectivement.

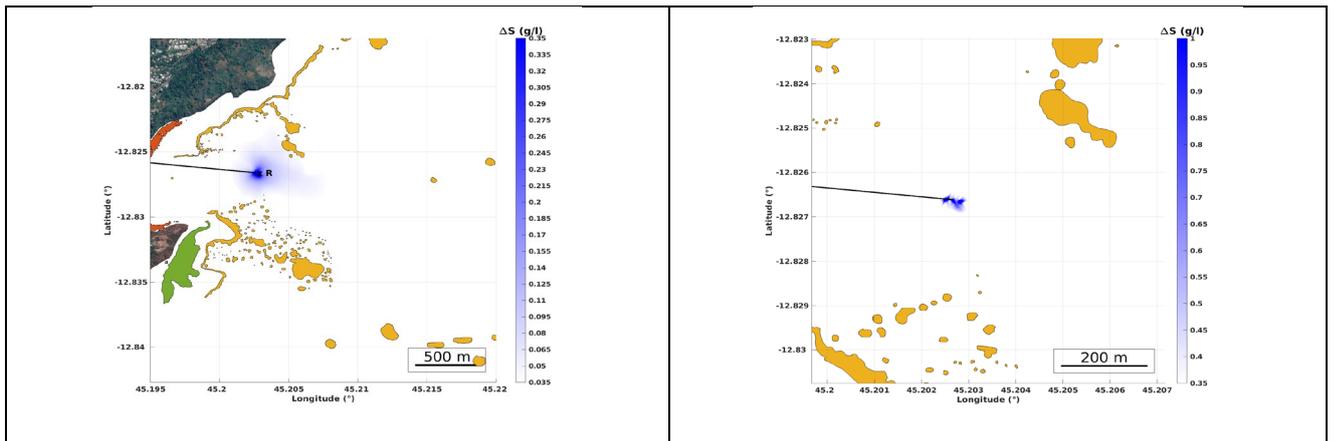
Les simulations ont été réalisées avec une salinité de rejet nominale à 65.2 g/L, ainsi qu'avec une salinité de rejet maximale de 70.1 g/L.

Les sursalinités en surface sont nulles sur l'ensemble du domaine de modélisation et ne sont pas présentées.

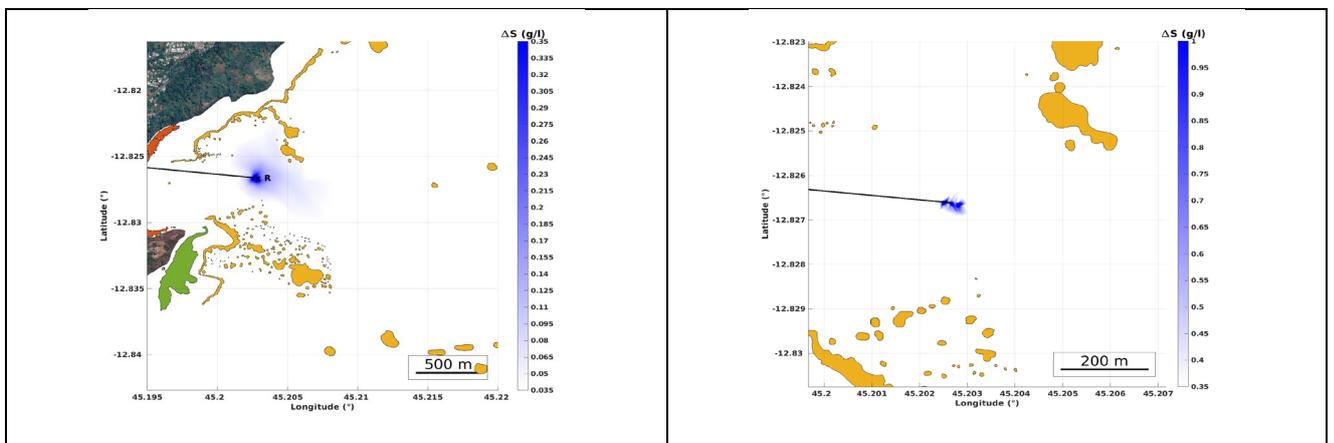
A.4.1 Rejet à la salinité nominale (65.2 g/L)



Panache au fond par vent nul pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l, zoomé autour du point de rejet)



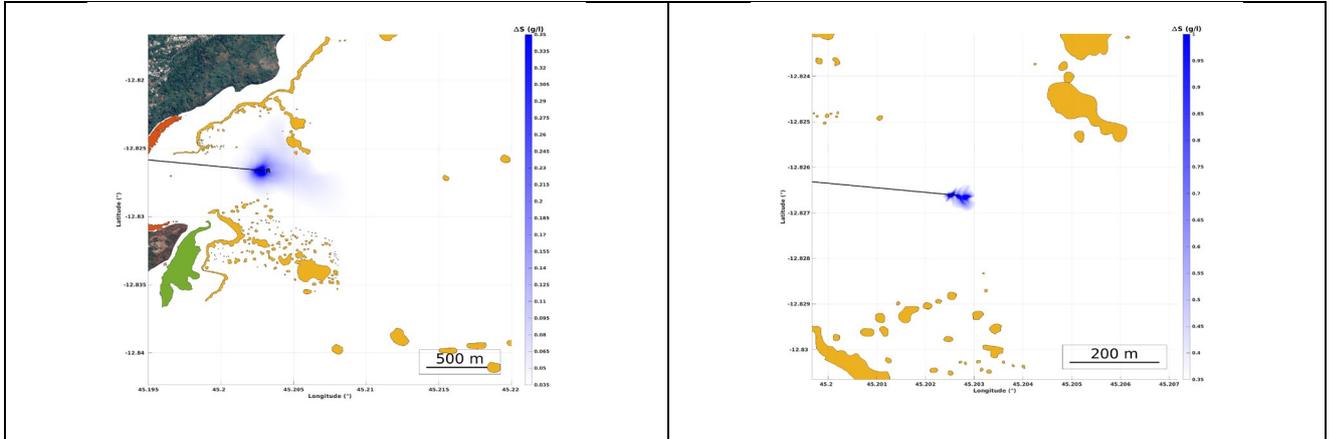
Panache au fond par vent de NNO pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l, zoomé autour du point de rejet)



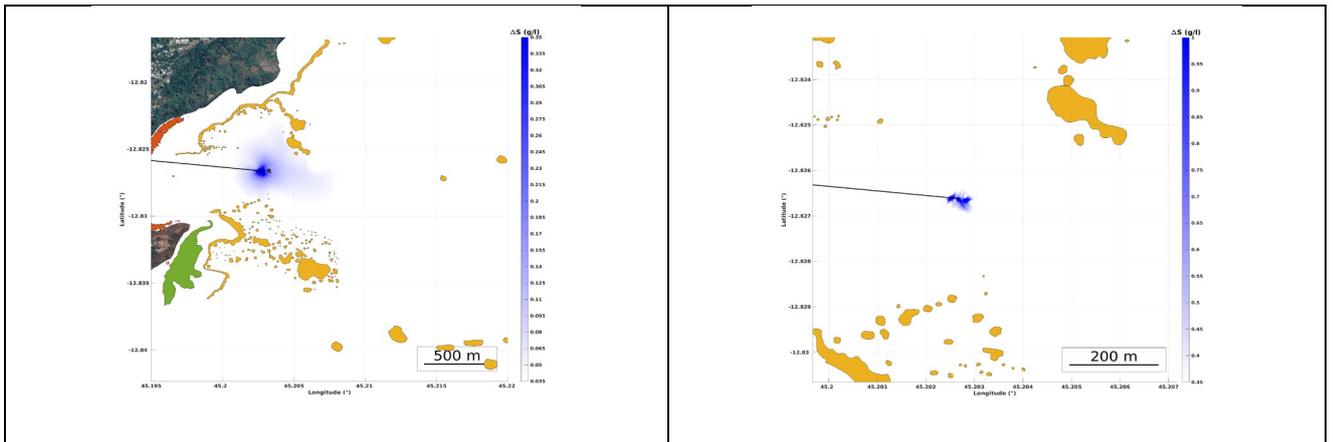
Panache au fond par vent de SSE pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l, zoomé autour du point de rejet)

A.4.2 Rejet à salinité plus importante (70.1 g/L)

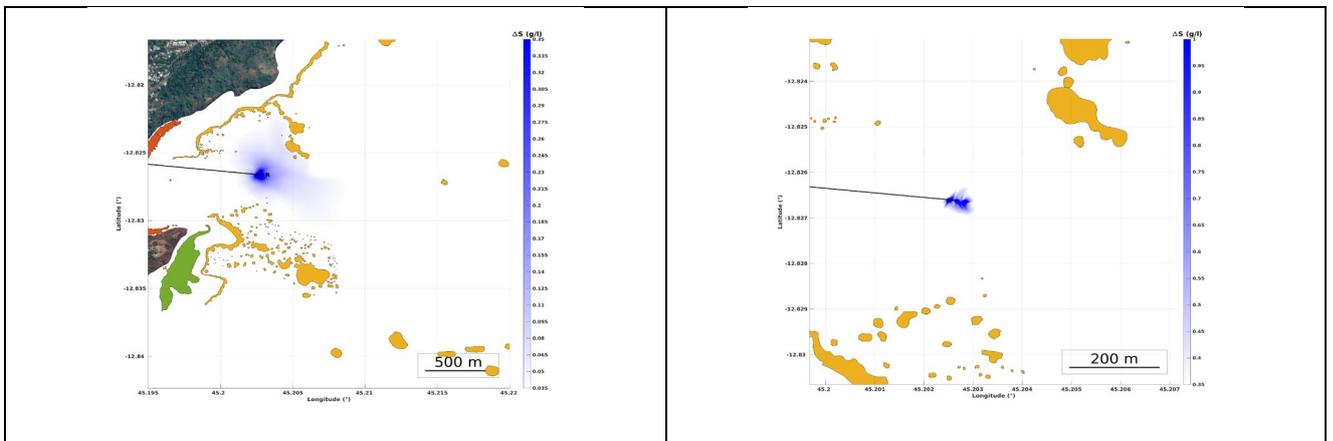
LES EAUX DE MAYOTTE
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



Panache au fond par vent nul pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l, zoomé autour du point de rejet)



Panache au fond par vent de NNO pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l, zoomé autour du point de rejet)



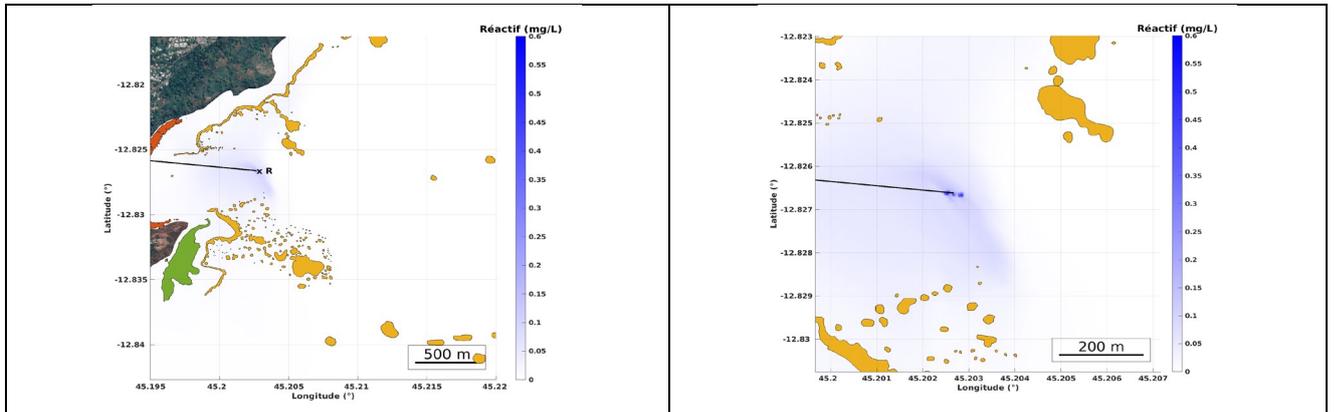
Panache au fond par vent de SSE pour les 2 seuils de saturation (gauche : 0.35g/l) et (droite : 1.00g/l, zoomé autour du point de rejet)

ANNEXE B – CONCENTRATIONS MAXIMALES EN ANTITARTRE SUR LE DOMAINE DE MODELISATION PENDANT UNE PERIODE DE 15 JOURS

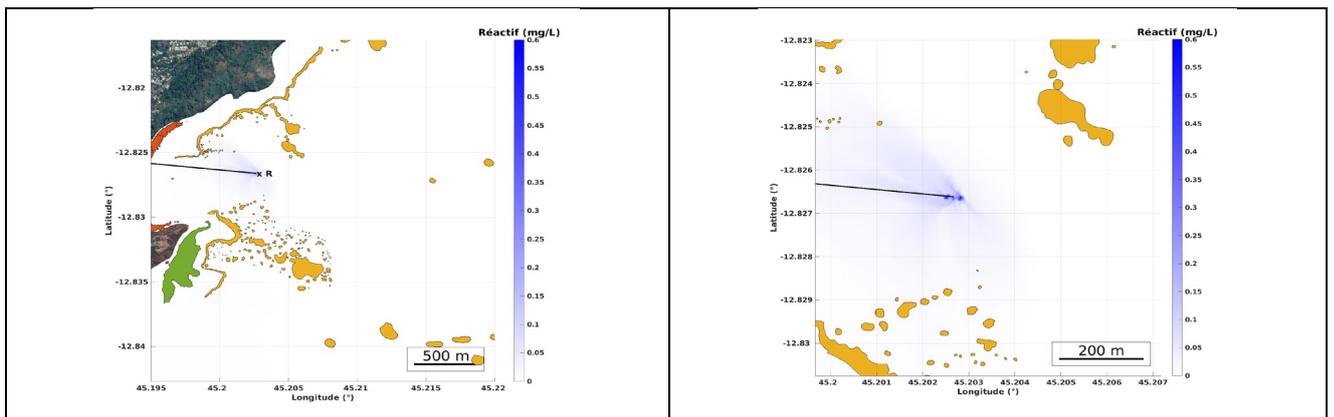
Sont présentés dans cette annexe les maximas de concentration en antitartre (réactif) obtenus en chaque point du domaine de modélisation, sur une période de simulation de 15 jours, au point P4.

B.1 Point de rejet P4 - Fond

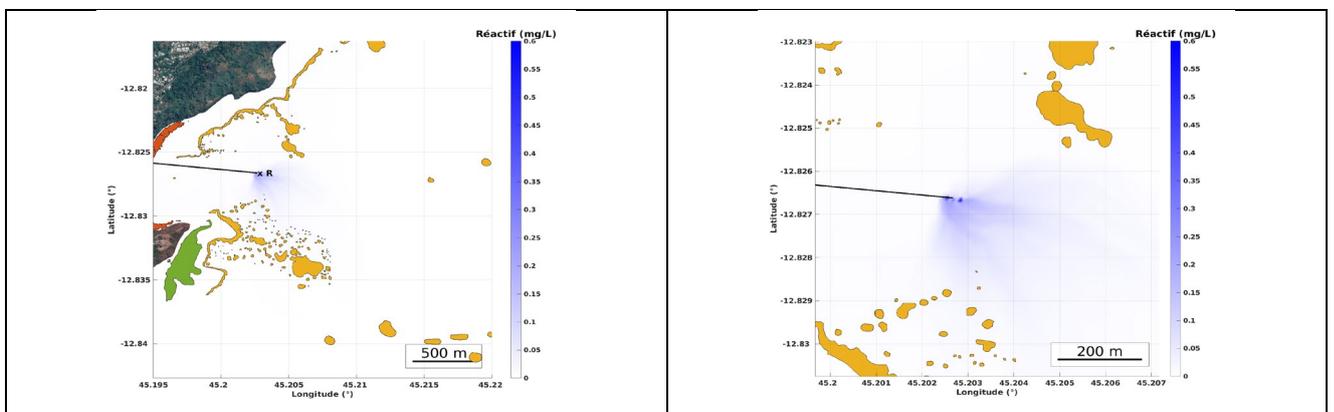
Les figures suivantes illustrent les concentrations en antitarte (réactif) maximales atteintes au fond au cours de la diffusion du panache de saumure pendant 15 jours, au point de rejet P4, par vent nul, de NNO et de SSE respectivement.



Panache d'antitarte au fond par vent nul sur la zone d'influence totale (gauche) et zoomé autour du point de rejet (droite)



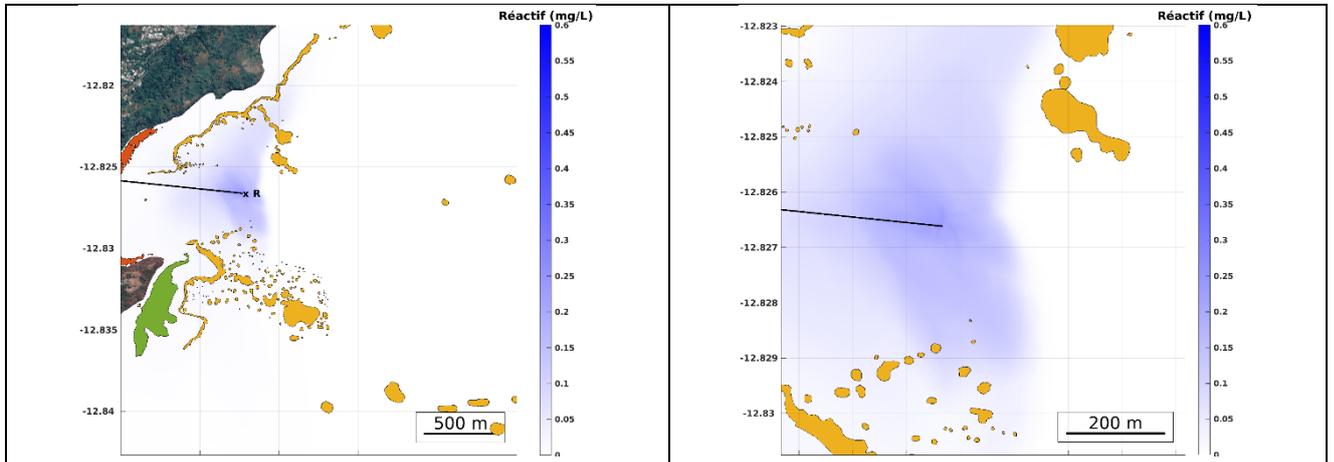
Panache d'antitarte au fond par vent de NNO sur la zone d'influence totale (gauche) et zoomé autour du point de rejet (droite)



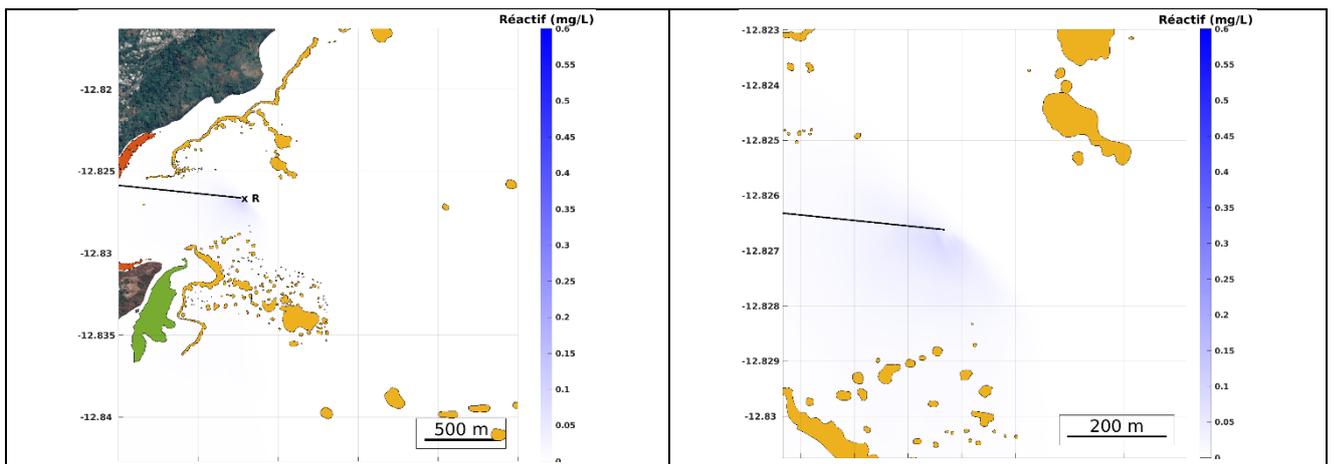
Panache d'antitarte au fond par vent de SSE sur la zone d'influence totale (gauche) et zoomé autour du point de rejet (droite)

B.1 Point de rejet P4 - Surface

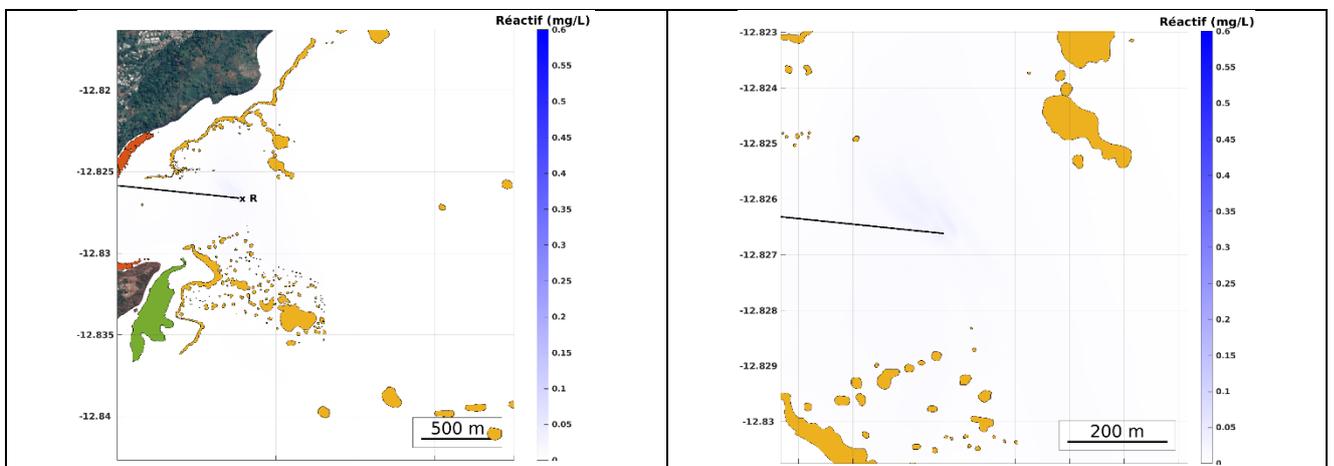
Les figures suivantes illustrent les concentrations en antitartre (réactif) maximales atteintes en surface au cours de la diffusion du panache de saumure pendant 15 jours, au point de rejet P4, par vent nul, de NNO et de SSE respectivement.



Panache d'antitartre en surface par vent nul sur la zone (gauche) et zoomé (droite)



Panache d'antitartre en surface par vent de NNO sur la zone (gauche) et zoomé (droite)



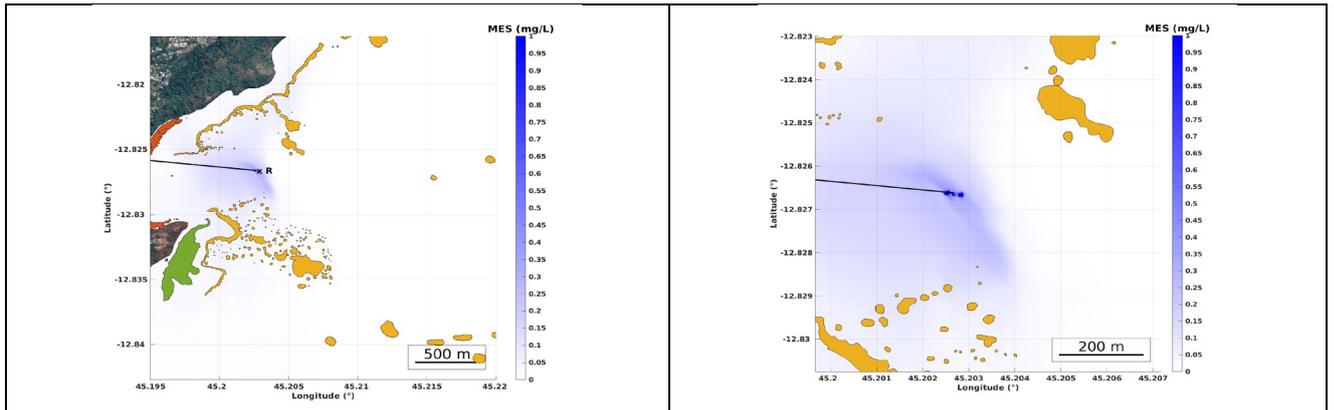
Panache d'antitartre en surface par vent de SSE sur la zone (gauche) et zoomé (droite)

ANNEXE C – CONCENTRATIONS MAXIMALES EN MES SUR LE DOMAINE DE MODELISATION PENDANT UNE PERIODE DE 15 JOURS

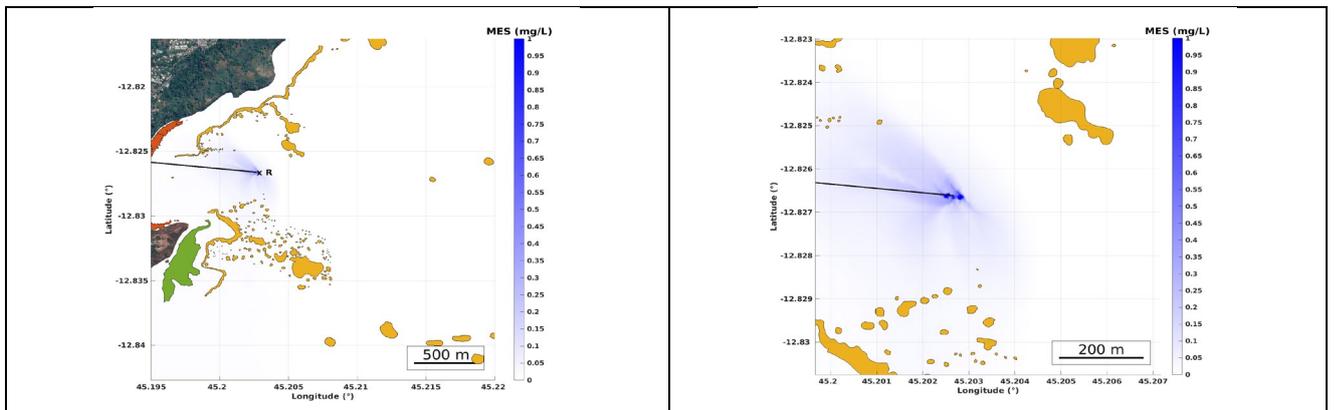
Sont présentés dans cette annexe les maximas de concentration en matières en Suspension (MES) obtenus en chaque point du domaine de modélisation, sur une période de simulation de 15 jours, au point P4.

C.1 Point de rejet P4 - Fond

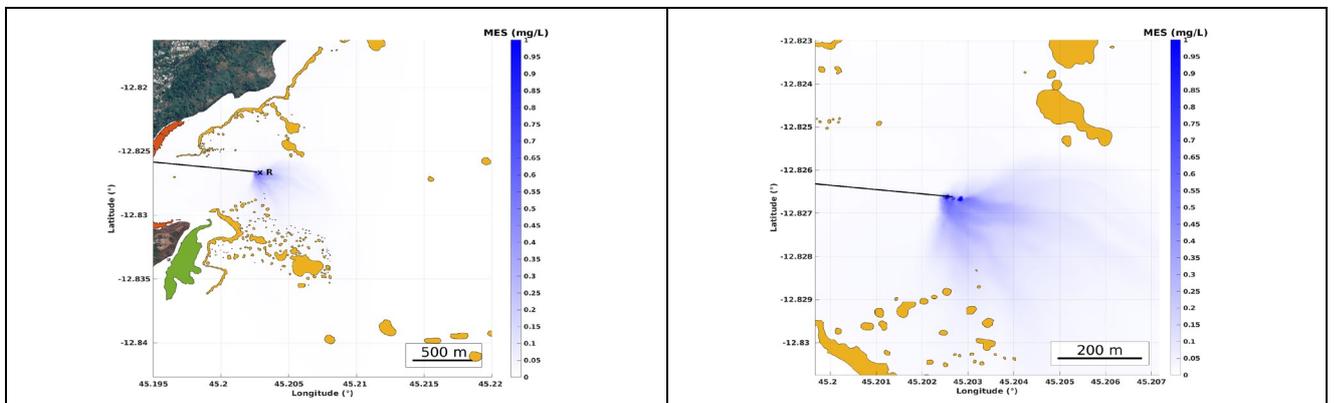
Les figures suivantes illustrent les concentrations en matières en suspension (MES) maximales atteintes au cours de la diffusion du panache de saumure pendant 15 jours, au point de rejet P4, par vent nul, de NNO et de SSE respectivement.



Panache de MES au fond par vent nul sur la zone d'influence totale (gauche) et zoomé autour du point de rejet (droite)



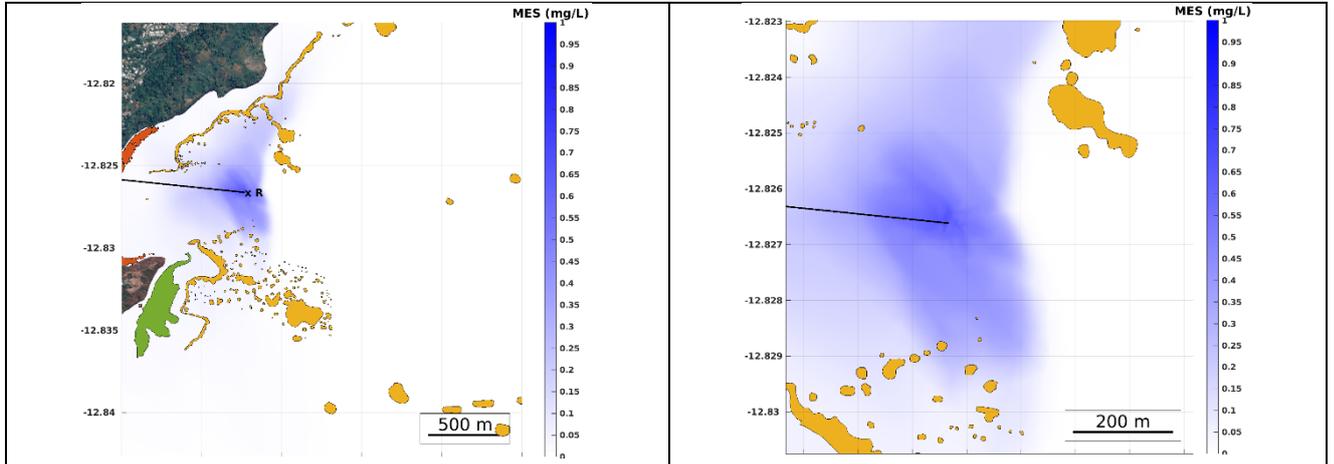
Panache de MES au fond par vent de NNO sur la zone d'influence totale (gauche) et zoomé autour du point de rejet (droite)



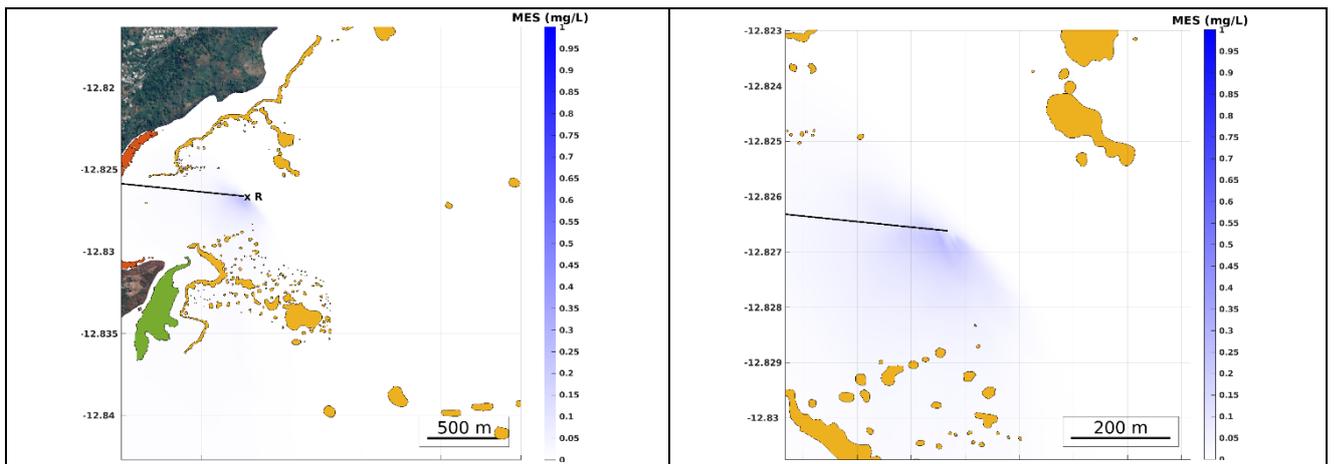
Panache de MES au fond par vent de SSE sur la zone d'influence totale (gauche) et zoomé autour du point de rejet (droite)

C.1 Point de rejet P4 - Surface

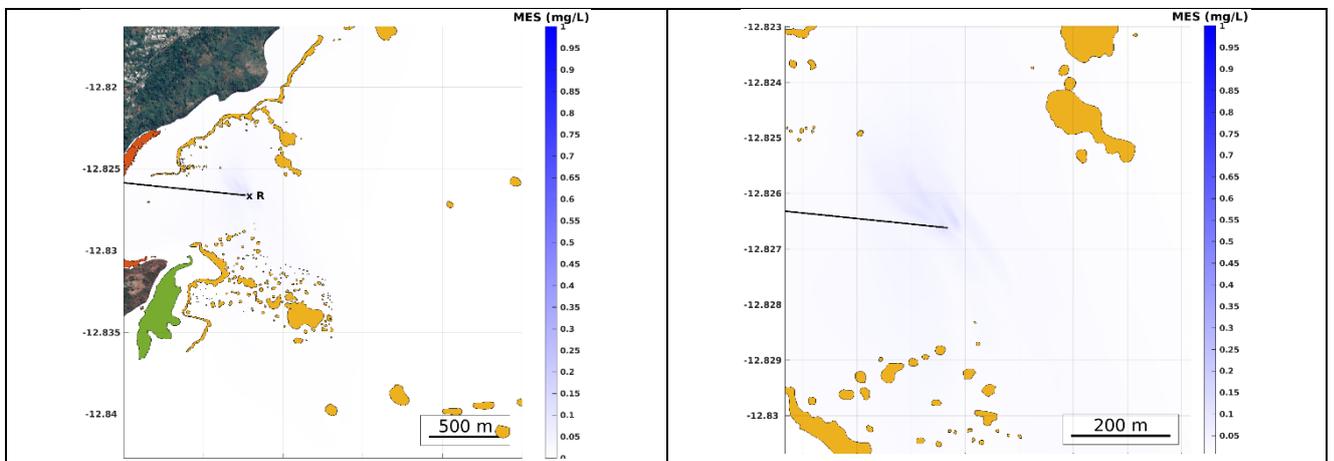
Les figures suivantes illustrent les concentrations en matières en suspension (MES) maximales atteintes en surface au cours de la diffusion du panache de saumure pendant 15 jours, au point de rejet P4, par vent nul, de NNO et de SSE respectivement.



Panache de MES en surface par vent nul sur la zone (gauche) et zoomé (droite)



Panache de MES en surface par vent de NNO sur la zone (gauche) et zoomé (droite)



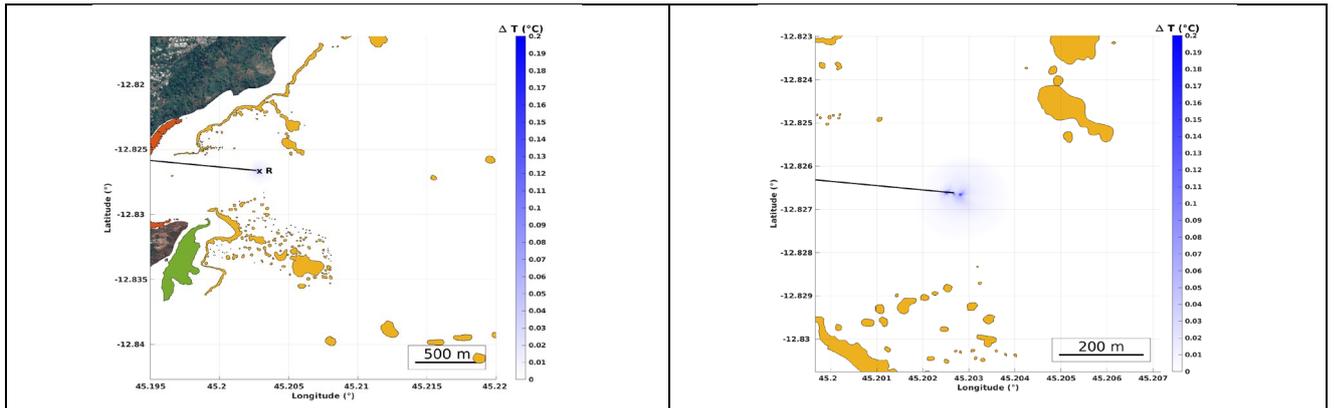
Panache de MES en surface par vent de SSE sur la zone (gauche) et zoomé (droite)

ANNEXE D – VARIATIONS DE TEMPERATURE MAXIMALES SUR LE DOMAINE DE MODELISATION PENDANT UNE PERIODE DE 15 JOURS

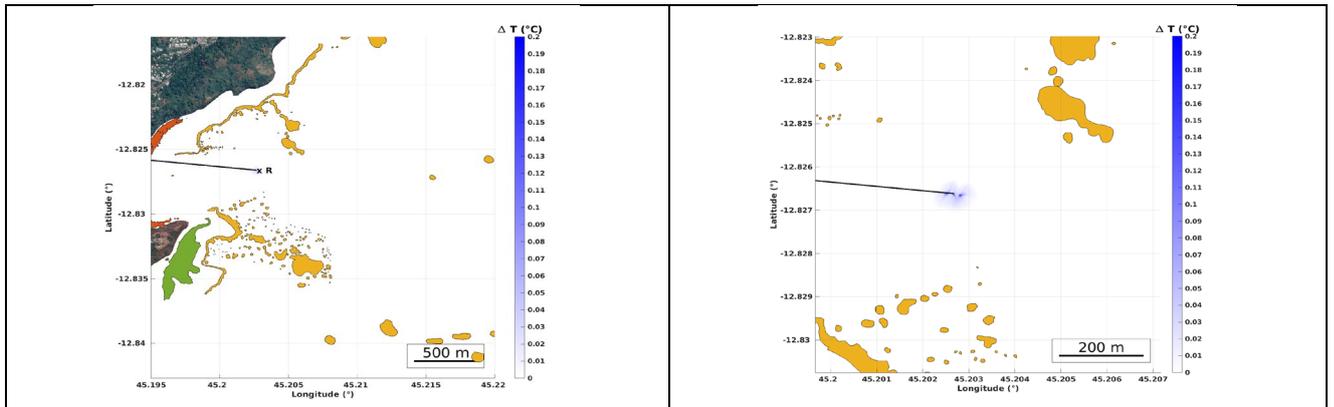
Sont présentés dans cette annexe les maxima des variations de température obtenus en chaque point du domaine de modélisation, sur une période de simulation de 15 jours, au point P4.

D.1 Point de rejet P4 - Fond

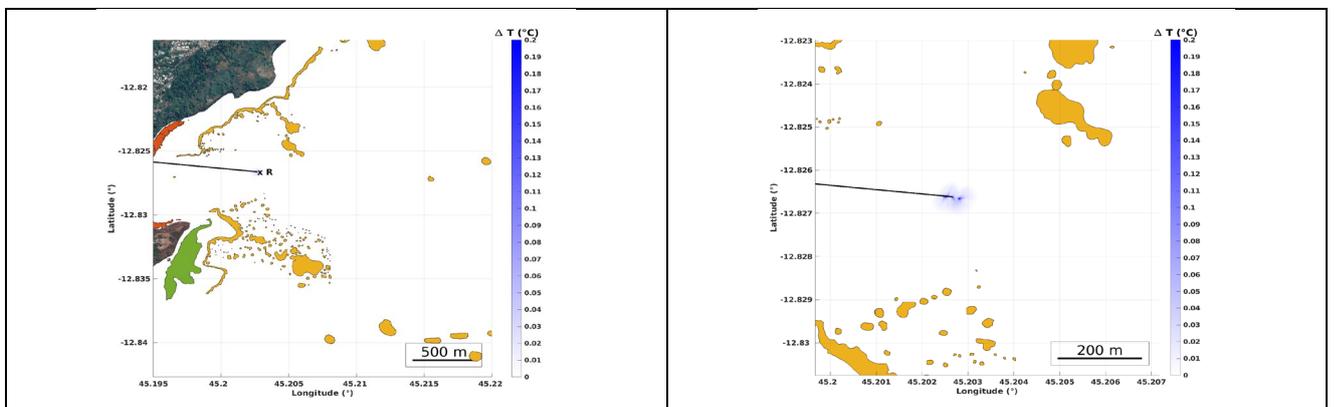
Les figures suivantes illustrent les variations de température maximales atteintes au fond au cours de la diffusion du panache de saumure pendant 15 jours, au point de rejet P4, par vent nul, de NNO et de SSE respectivement.



Panache thermique au fond par vent nul sur la zone d'influence totale (gauche) et zoomé autour du point de rejet (droite)



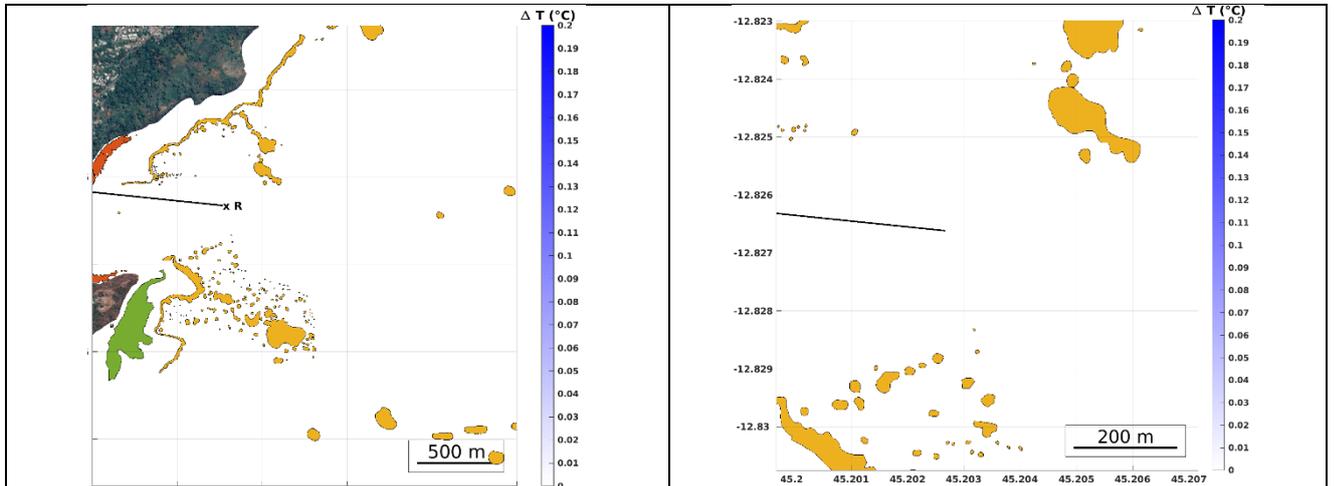
Panache thermique au fond par vent de NNO sur la zone d'influence totale (gauche) et zoomé autour du point de rejet (droite)



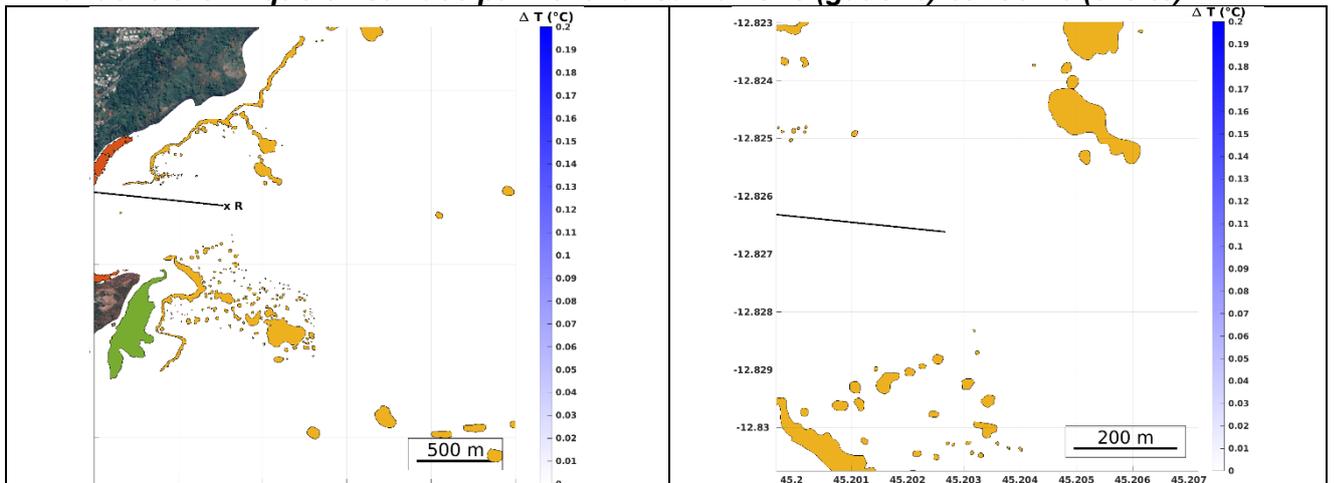
Panache thermique au fond par vent de SSE sur la zone d'influence totale (gauche) et zoomé autour du point de rejet (droite)

D.1 Point de rejet P4 - Surface

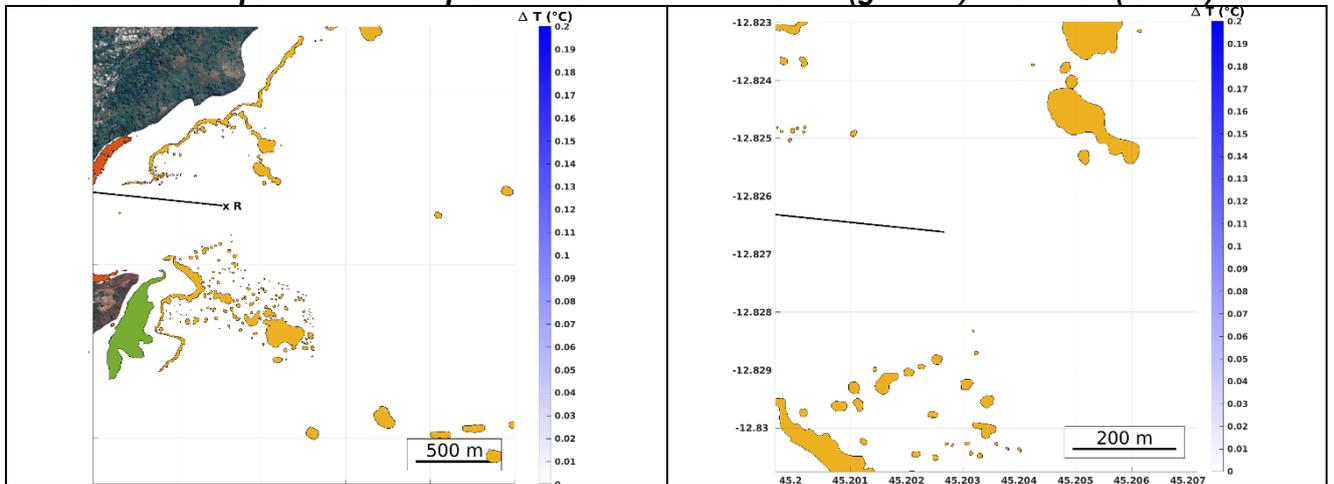
Les figures suivantes illustrent les variations de température maximales atteintes en surface au cours de la diffusion du panache de saumure pendant 15 jours, au point de rejet P4, par vent nul, de NNO et de SSE respectivement.



Panache thermique en surface par vent nul sur la zone (gauche) et zoomé (droite)



Panache thermique en surface par vent de NNO sur la zone (gauche) et zoomé (droite)



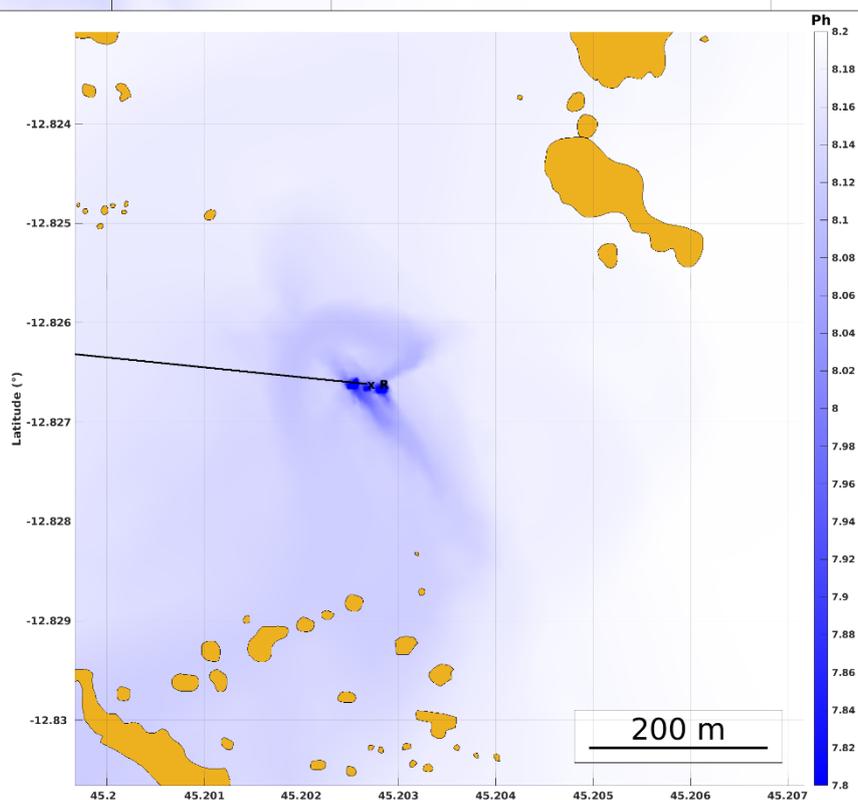
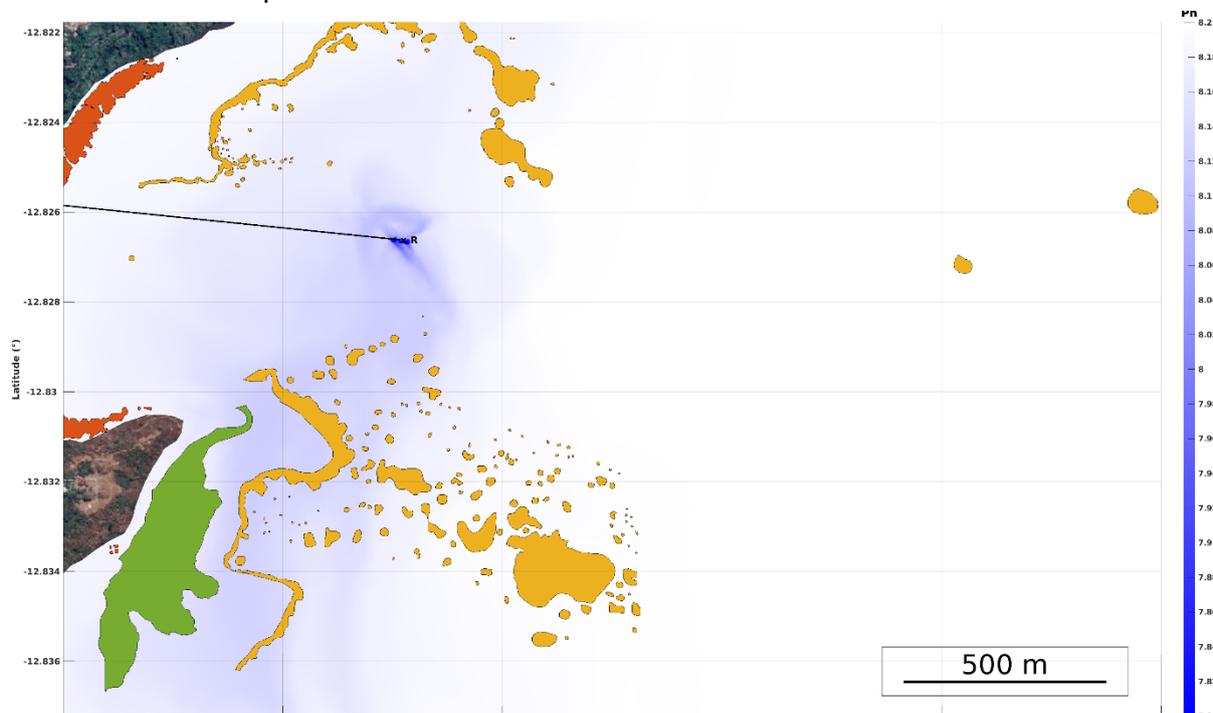
Panache thermique en surface par vent de SSE sur la zone (gauche) et zoomé (droite)

ANNEXE E – VARIATIONS MAXIMALES DE PH SUR LE DOMAINE DE MODELISATION PENDANT UNE PERIODE DE 15 JOURS

Sont présentés dans cette annexe les maximas des variations de pH (en valeur absolue) obtenus en chaque point du domaine de modélisation, sur une période de simulation de 15 jours, au point P4.

E.1 Point de rejet P4 - Fond

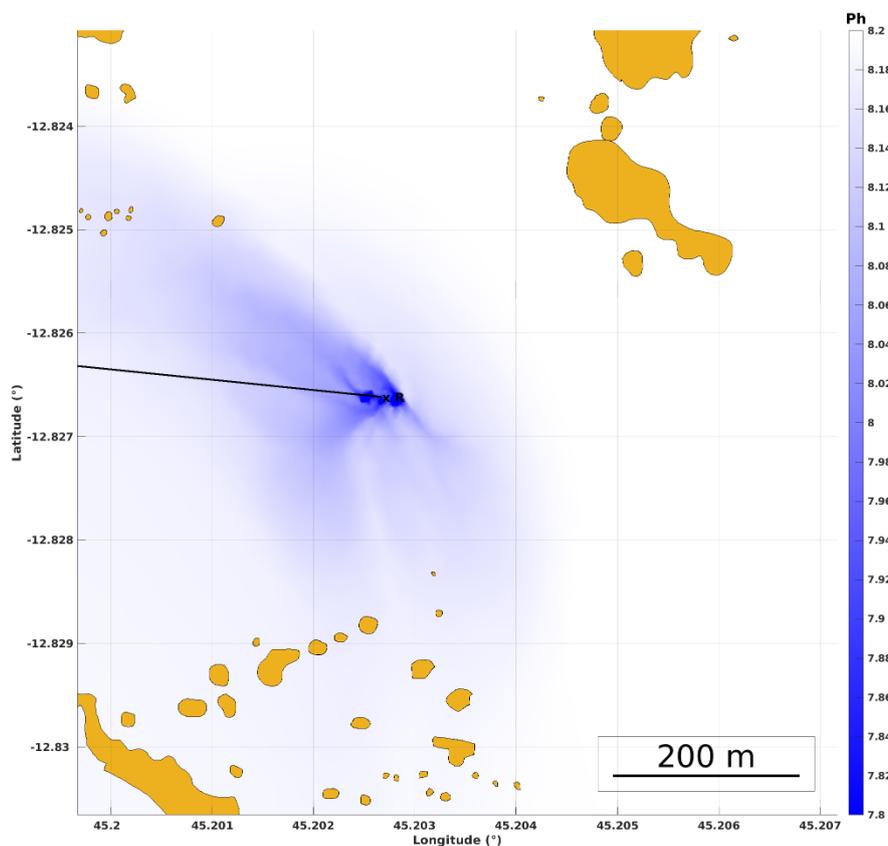
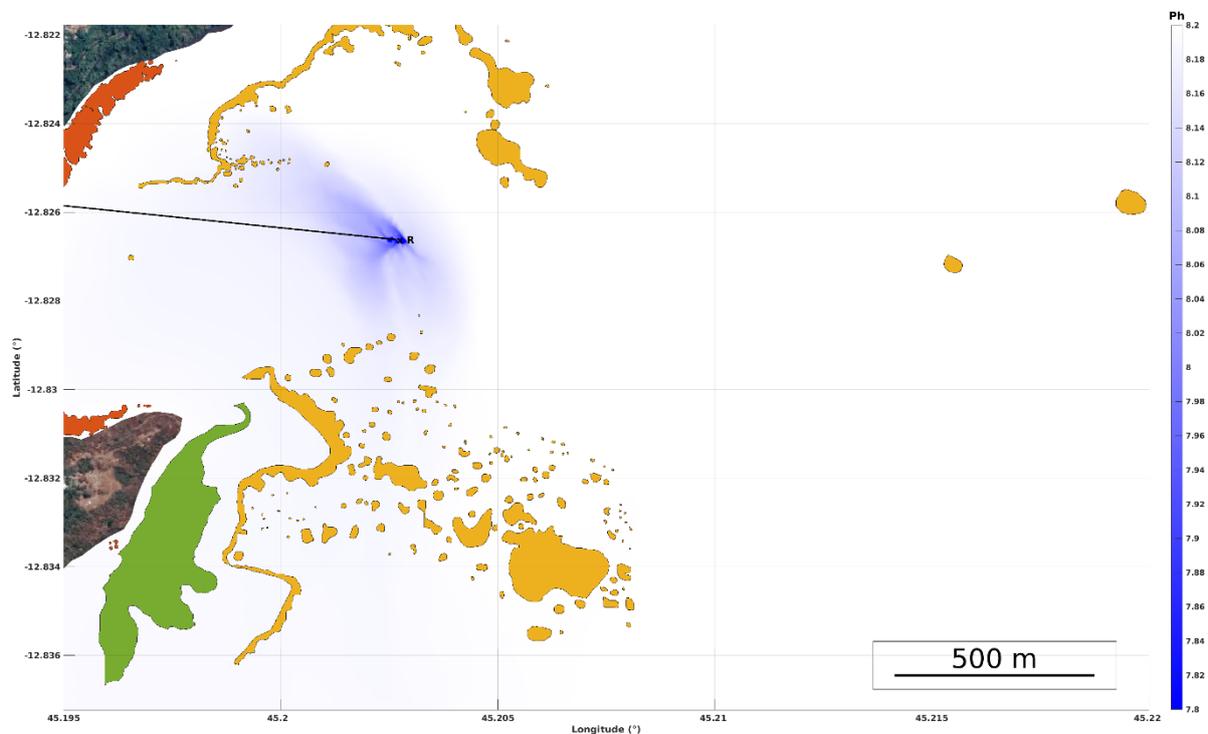
Les figures suivantes illustrent les variations de pH maximales (en valeur absolue) atteintes au cours de la diffusion du panache pendant 15 jours, au point de rejet P4, par vent nul, de NNO et de SSE respectivement.



pH au fond par vent nul sur la zone d'influence totale (haut) et zoomé (bas)

LES EAUX DE MAYOTTE

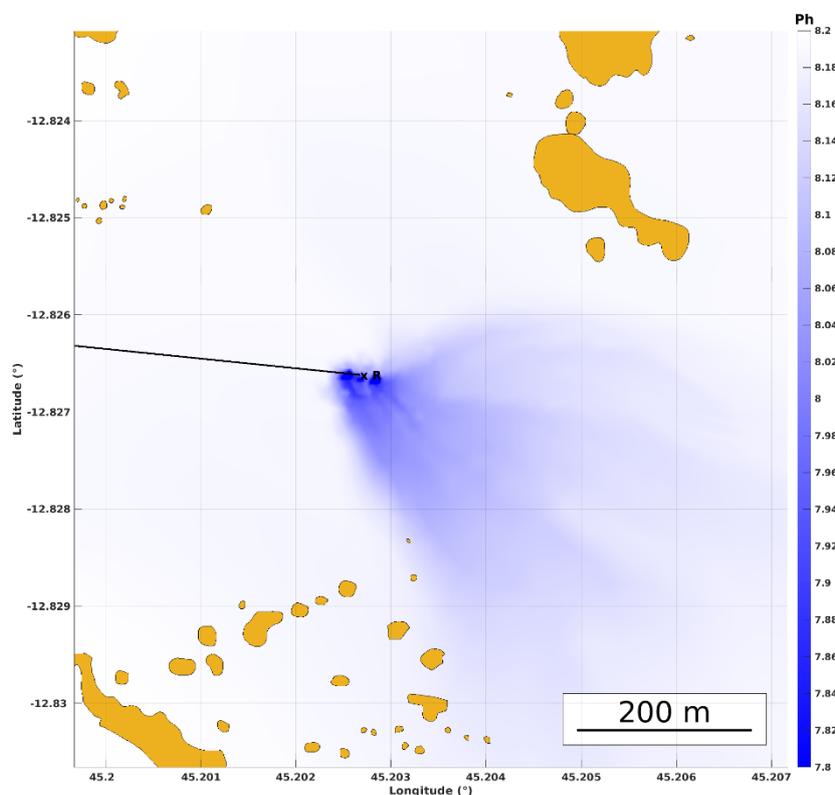
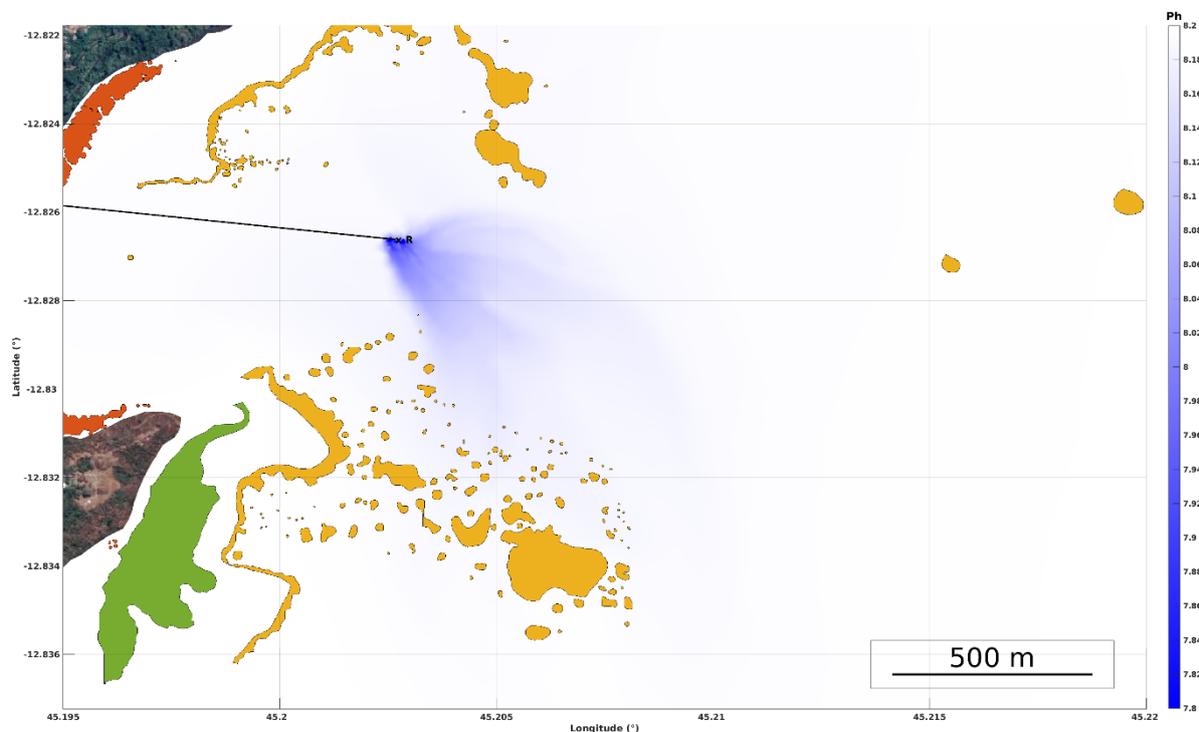
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



pH au fond par vent de NNO sur la zone d'influence totale (haut) et zoomé autour du point de rejet (bas)

LES EAUX DE MAYOTTE

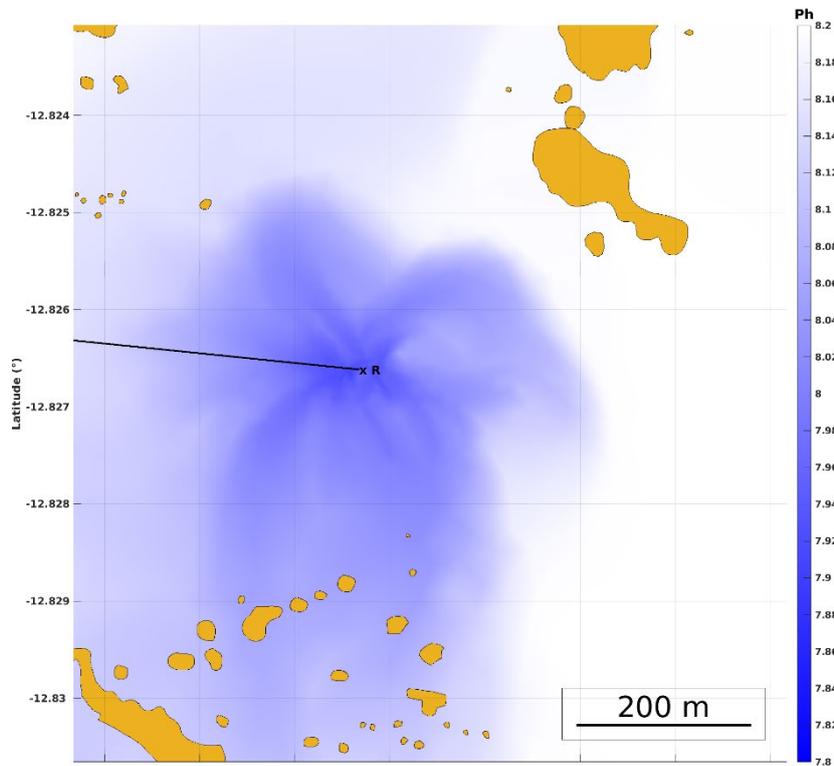
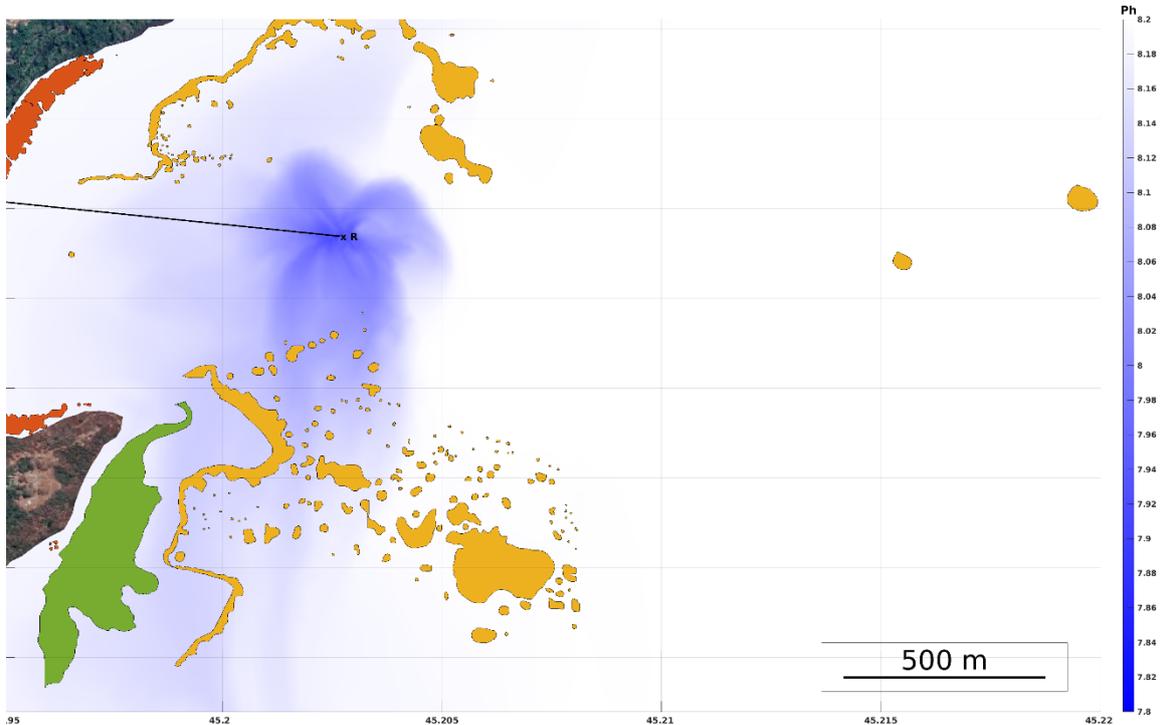
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



pH au fond par vent de SSE sur la zone d'influence totale (haut) et zoomé autour du point de rejet (bas)

E.1 Point de rejet P4 - Surface

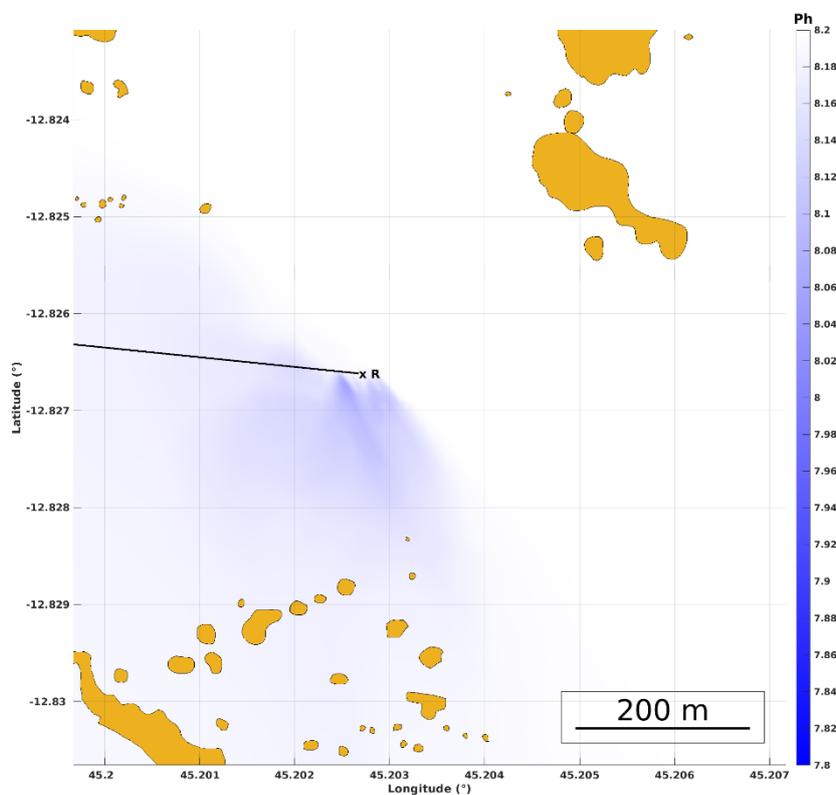
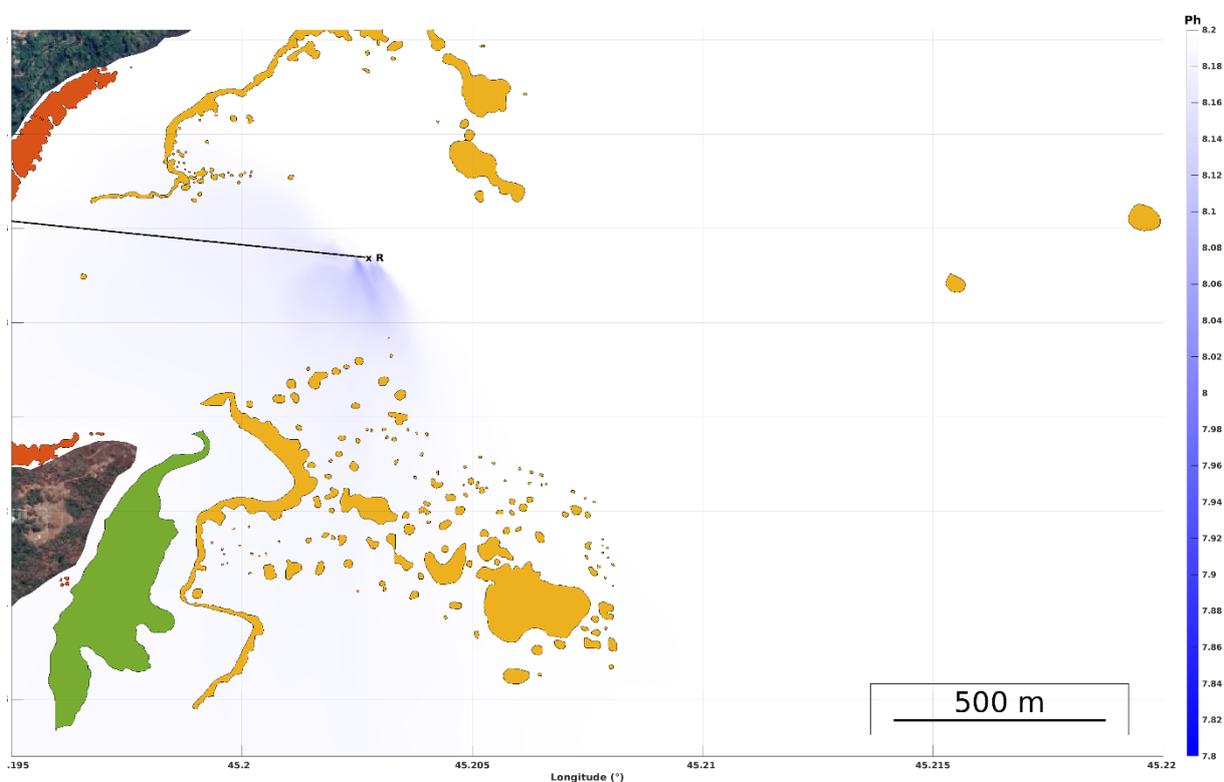
Les figures suivantes illustrent les variations de pH maximales (en valeur absolue) atteintes en surface au cours de la diffusion du panache pendant 15 jours, au point de rejet P4, par vent nul, de NNO et de SSE respectivement.



pH en surface par vent nul sur la zone d'influence totale (haut) et zoomé (bas)

LES EAUX DE MAYOTTE

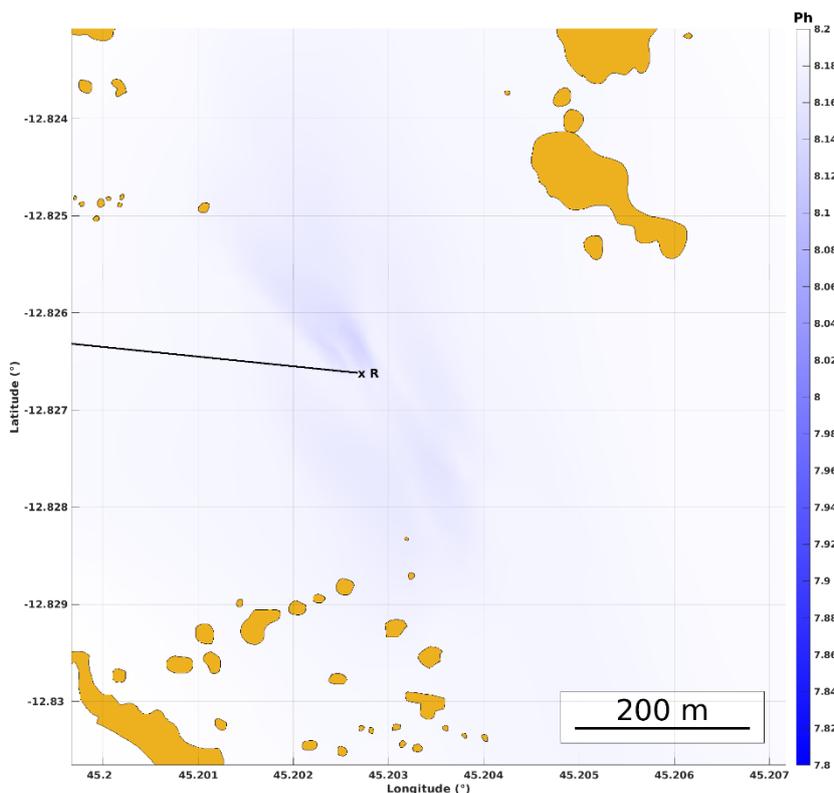
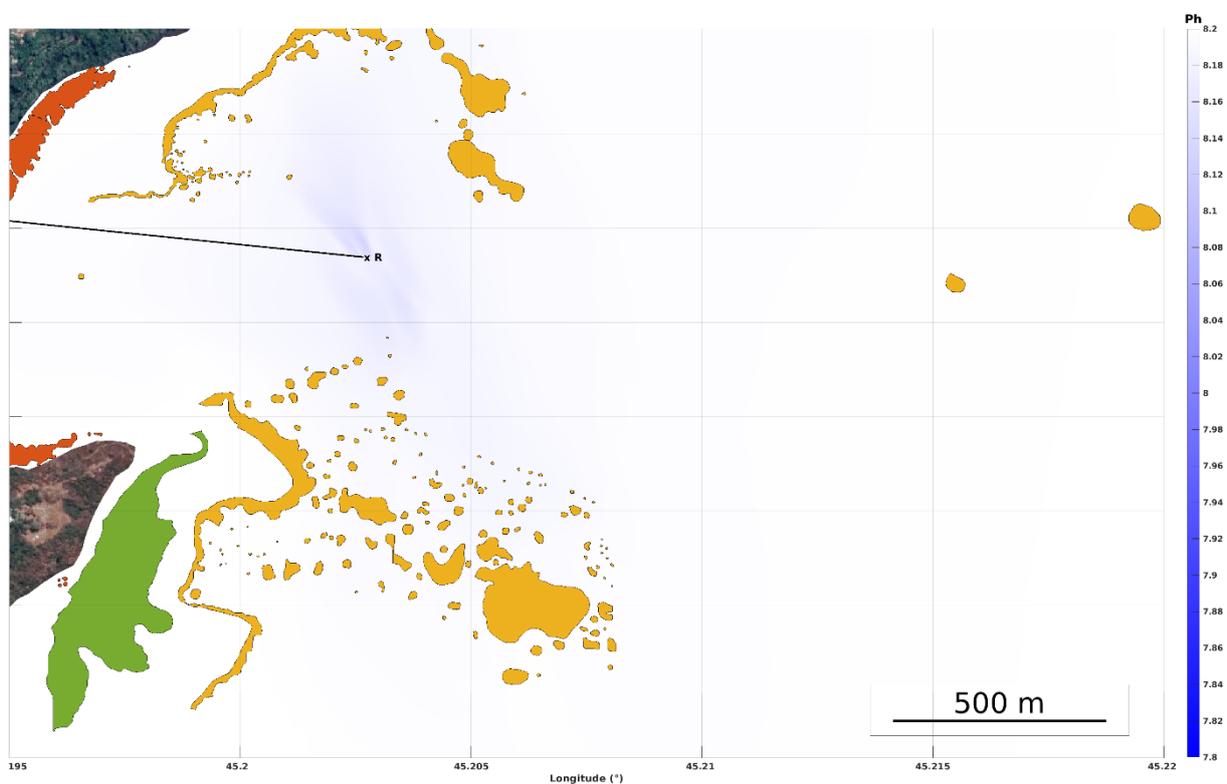
MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



pH en surface par vent de NNO sur la zone d'influence totale (haut) et zoomé autour du point de rejet (bas)

LES EAUX DE MAYOTTE

MODELISATION DES REJETS DANS LE LAGON DE MAYOTTE



pH en surface par vent de SSE sur la zone d'influence totale (haut) et zoomé autour du point de rejet (bas)



www.creocean.fr



[GROUPE KERAN](#)