



Projet Se@nergies - Réseau de chaleur thalassothermique de Port de Bouc

Etude de rejet thermique dans le canal de Caronte



Rapport d'étude

Contrat POC-2270

Siège social

36, quai de la Douane – 29200 Brest – France
Tel : +33 298 44 24 51
Email : info@actimar.fr – Web : www.actimar.fr

ACTIMAR
Au service de la mer

Suivi des modifications

Version	Modifications	Rédacteurs	Validation / Approbation	Date
V.1.0	Version initiale rapport phase 1	Sophie Michaud	Marc Pavéc	09/07/2024

Liste de diffusion

Destinataire	Organisme
Candice Puissant	SUEZ Consulting
Fabrice Javel	SUEZ Consulting

Sommaire

1. INTRODUCTION	7
1.1 CONTEXTE ET ENJEUX	7
1.2 CONTENU	8
1.3 CONVENTIONS ET REFERENCES ALTIMETRIQUES	8
1.4 GLOSSAIRE	8
2. CONDITIONS AMBIANTES	9
2.1 BATHYMETRIE	9
2.2 LA MAREE	10
2.3 STRATIFICATION THERMOHALINE	11
2.3.1 Vers Port-de-Bouc dans le Golfe de Fos	11
2.3.2 Vers Martigues dans l'Etang-de-Berre	13
2.3.3 Mesures dans le canal de Caronte	15
2.4 REJET	15
3. ANALYSE DU CHAMP PROCHE	17
3.1 HYPOTHESES DE CALCUL	17
3.1.1 Caractéristiques du rejet	17
3.1.2 Schématisation du milieu ambiant dans CORMIX	18
3.2 RESULTATS	19
4. BIBLIOGRAPHIE	26

Liste des illustrations

Figure 1-1 : Localisation avec vue satellite du captage et du rejet du système de thalassothermie dans le canal de Caronte (source : ENGIE Solutions).....	7
Figure 2-1 : Bathymétrie dans le canal de Caronte (Source : Marseille Fos, GPM de Marseille).....	9
Figure 2-2 : Localisation de l'ADCP	10
Figure 2-3 : Composante barotrope du courant mesuré par l'ADCP	11
Figure 2-4 : Localisation des cinq points de mesures	11
Figure 2-5 : Evolution des températures (°C) au point E à 0-1m de profondeur (à gauche) et à 4-5m de profondeur (à droite) (Source :Institut Écociroyen pour la Connaissance des Pollutions - Fos sur Mer)	12
Figure 2-6 : Evolution de la salinité au point E à 0-1m de profondeur (à gauche) et à 4-5m de profondeur (à droite) (Source :Institut Écociroyen pour la Connaissance des Pollutions - Fos sur Mer)	13
Figure 2-7 : Position des stations de suivi dans l'étang-de-Berre (Source : GIPREB)	14
Figure 2-8 : Profils mensuels de température (à gauche) et de salinité (à droite) pour toutes les stations de suivi (Source : GIPREB)	14
Figure 2-9 : Profils mensuels de température (à gauche) et de salinité (à droite) pour la station H13	14
Figure 2-10 : Température mesurée dans le canal de Caronte	15
Figure 2-11 : Localisation avec vue satellite du captage (ligne orange) et du rejet (ligne bleue avec point de rejet pour CORMIX en jaune) du système de thalassothermie dans le canal de Caronte.....	16
Figure 3-1 : Schématisation du courant pour l'étude du champ proche	18
Figure 3-2 : Représentation 3D des panaches en condition estivale avec en dégradé de couleur la différence de température par rapport au milieu ambiant (5°C au niveau du rejet et diminution en s'éloignant) pour une salinité en surface à 32.5 ppt (haut), à 36.5 ppt (milieu) et à 38 ppt (bas).	21
Figure 3-3 : Vue du dessus des panaches en condition estivale avec en dégradé de couleur la différence de température par rapport au milieu ambiant (5°C au niveau du rejet et diminution en s'éloignant) pour une salinité en surface à 32.5 ppt (haut), à 36.5 ppt (milieu) et à 38 ppt (bas).	22
Figure 3-4 : Ecart de température du panache par rapport au milieu ambiant en fonction de la distance au point de rejet pour une salinité en surface à 32.5 ppt (haut), à 36.5 ppt (milieu) et à 38 ppt (bas).	23

Figure 3-5 : Dilution du panache en fonction de la distance au point de rejet pour une salinité en surface à 32.5 ppt (haut), à 36.5 ppt (milieu) et à 38 ppt (bas).....	24
Figure 3-6 : Vue du dessus des isolignes représentant l'écart de température du panache par rapport au milieu ambiant pour une salinité en surface à 32.5 ppt (haut), à 36.5 ppt (milieu) et à 38 ppt (bas).	25

Liste des tableaux

Tableau 1-1 : Glossaire (sigles et acronymes)	8
Tableau 2-1 : Caractéristique des mesures	10
Tableau 2-1 : Caractéristiques du site de mesures E.....	12
Tableau 2-3 : Localisation de la station de suivi H13	13
Tableau 3-1: Condition de rejet analysée	17
Tableau 3-2: Conditions de stratification étudiées.....	19
Tableau 3-3: Synthèse des résultats du champ proche.....	20

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE ET ENJEUX

ENGIE Solutions est en charge de la conception et la réalisation d'une centrale de production ainsi que de son réseau de chaud et de froid alimenté par thalassothermie sur la ville de Port de Bouc.

ACTIMAR est sollicité afin de modéliser le rejet du système de thalassothermie dans le canal de Caronte. Le rejet est constitué d'eau de mer qui a subi une modification thermique, et à laquelle a été ajouté un produit de désinfection. Le but de la modélisation est de cartographier les températures induites par le panache, et de représenter la dispersion du produit désinfectant. Le champ proche (à proximité immédiate du rejet) est analysé à partir du logiciel CORMIX qui fait référence dans ce domaine.



Figure 1-1 : Localisation avec vue satellite du captage et du rejet du système de thalassothermie dans le canal de Caronte (source : ENGIE Solutions)

1.2 CONTENU

Ce rapport rend compte des travaux de la phase 1, analyses du rejet thermique dans le canal de Caronte pour un cas schématique représentatif d'une situation typique du milieu en période estivale. Il est composé de trois parties :

- **Caractérisation des conditions environnementales et des spécificités du rejet** : analyse bibliographique pour les conditions dans le milieu, caractéristique du rejet;
- **Construction du modèle numérique de champs proche** avec le modèle CORMIX.
- **Résultats de la modélisation** pour estimer la dispersion du panache.

1.3 CONVENTIONS ET REFERENCES ALTIMETRIQUES

Le système de référence spatiale pour cette étude est RGF93 Lambert 93.

Les modèles numériques sont référencés par rapport au zéro des CM. Selon le SHOM, le zéro hydrographique (ZH) se situe à 0.334m sous le zéro NGF.

1.4 GLOSSAIRE

La renseigne les sigles et acronymes les plus usuels de ce rapport.

Tableau 1-1 : Glossaire (sigles et acronymes)

Terme	Définition
CM	Côte Marine
CORMIX	Modèle numérique pour la modélisation de champ proche
GIPREB	Service public GIP REHABILITATION DE L'ETANG DE BERRE - Syndicat mixte Étang de Berre
LNHE	Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement EDF R&D
NGF	Nivellement général de la France
SHOM	Service hydrographique et océanographique de la Marine
VOCE	Observatoire Citoyen de l'Environnement
ZH	Zéro Hydrographique

2. CONDITIONS AMBIANTES

Ce chapitre présente les données utilisées pour mettre en place le modèle CORMX : la bathymétrie, les conditions hydrodynamiques et hydrologiques dans la zone d'étude (marée et stratification thermohaline) ainsi que les caractéristiques du rejet.

2.1 BATHYMETRIE

La bathymétrie utilisée pour le paramétrage du modèle est un produit de Marseille Fos propriété du GPM de Marseille. Les données de 2023 englobent la partie Ouest du canal de Caronte.

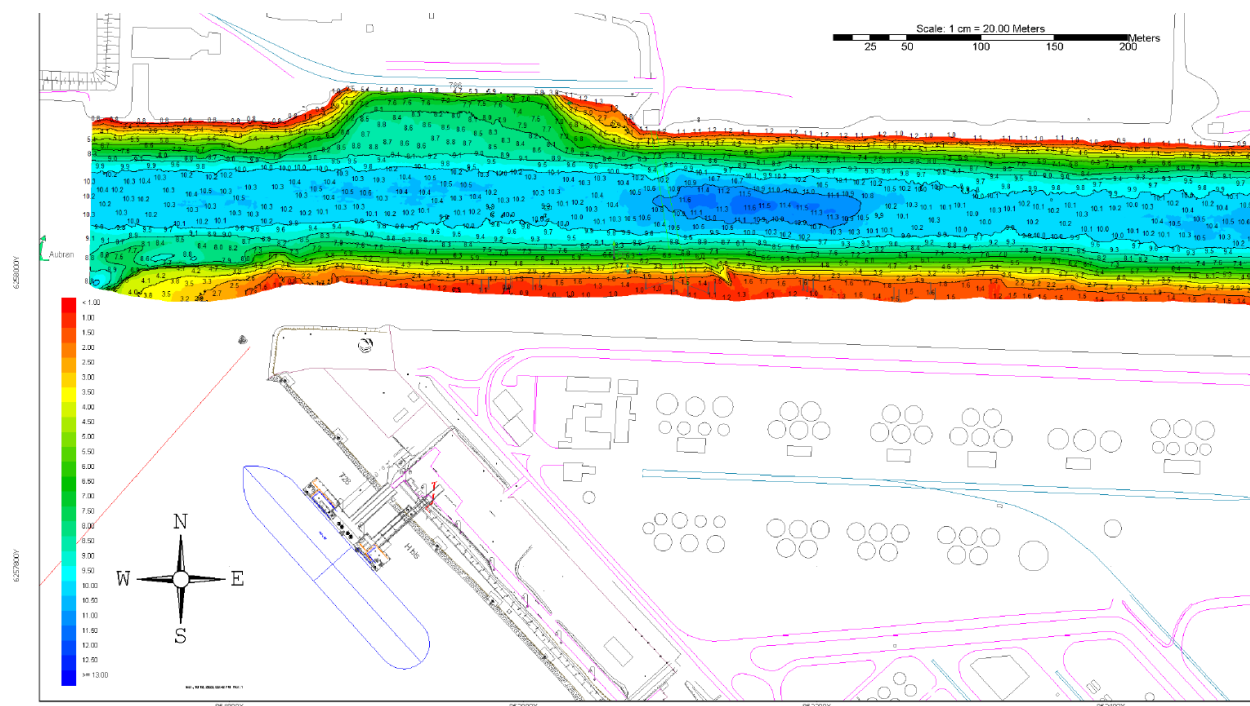


Figure 2-1 : Bathymétrie dans le canal de Caronte (Source : Marseille Fos, GPM de Marseille)

2.2 LA MAREE

Pour de précédentes études [1], des mesures ADCP ont été réalisées dans le canal de Caronte par LNHE (EDF-R&D) au niveau de Martigues. La localisation de l'ADCP est précisée dans la Figure 2-2 et le Tableau 2-1. Le courant a été mesuré sur le profil vertical entre septembre 2006 et octobre 2007.

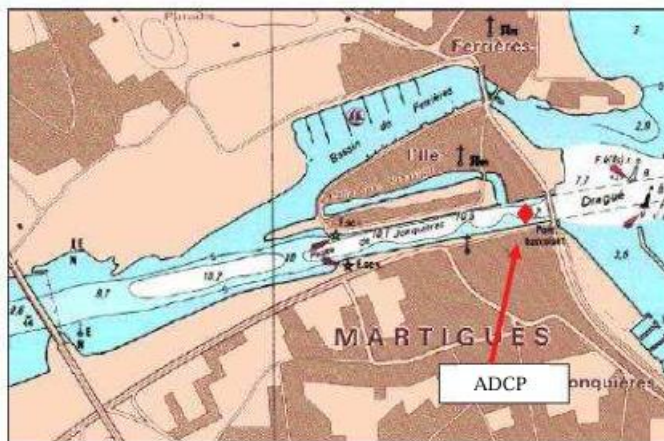


Figure 2-2 : Localisation de l'ADCP

Tableau 2-1 : Caractéristique des mesures

Coordonnées de l'ADCP	43.4044° N / 05.0561° E
Période de mesure	Septembre 2006 - Octobre 2007
Plage vertical de mesure	Entre 1m et 9m de profondeur

Le traitement des mesures a pu mettre en évidence les caractéristiques principales des courants :

- La variabilité des courants est fortement contrainte par la marée avec une variabilité semi-diurne très nette. On peut distinguer le flot, courant allant du Golfe de Fos à l'étang-de-Berre, et le jusant, le courant contraire sortant de l'étang-de-Berre pour aller dans le Golfe de Fos.
- Les courants sont la plupart du temps orientés dans la même direction en surface et au fond
- Certains épisodes se démarquent complètement, et des inversions de courant dues à la marée sont « manquées ». Mais même dans ces cas-là, les amplitudes restent dans la même gamme de valeurs, et le comportement ultérieur reste calé sur la phase de la marée.

La Figure 2-3 représente l'intensité du courant barotrope (courant obtenu en moyennant sur la verticale le courant mesuré par l'ADCP). Les courants de marée (en rouge sur la figure) sont assez forts dans le canal, variant globalement entre 50 et 100 cm/s.

Dans le modèle CORMIX, le courant est modélisé constant sur la verticale.

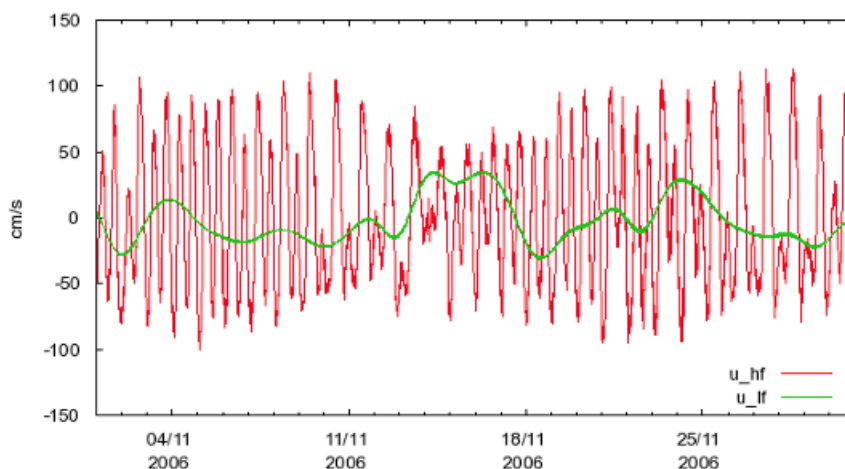


Figure 2-3 : Composante barotrope du courant mesuré par l'ADCP

2.3 STRATIFICATION THERMOHALINE

Plusieurs sources de données sont analysées pour déterminer les conditions de salinité et de température dans le canal de Caronte.

2.3.1 VERS PORT-DE-BOUC DANS LE GOLFE DE FOS

L'Institut Ecocitoyen réalise dans le cadre de l'Observatoire Citoyen de l'Environnement (VOCE) un suivi de paramètres physico-chimiques dans le Golfe de Fos (température, salinité, oxygène dissous, pH, chlorophylle-a). Les mesures sont réalisées mensuellement en cinq points du Golfe et les données sont ensuite regroupées dans un rapport publié annuellement. Le dernier rapport mis à disposition date de 2023 [2] avec les données recueillies entre 2017 et 2022.

Le site qui nous intéresse est au niveau du point E (Tasques), juste en sortie de Port-de-Bouc.



Figure 2-4 : Localisation des cinq points de mesures

Tableau 2-2 : Caractéristiques du site de mesures E

Site E	
Localisation	Tasques
Coordonnées	43° 23.350' N / 04° 58.583' E
Profondeur	14m

La Figure 2-5 représente l'évolution annuelle des températures au point E à différentes profondeurs (en surface et à 4-5m de profondeur). Les points rouges correspondent aux dernières mesures réalisées, soit de l'année 2022, en orange la moyenne de l'ensemble des données depuis 2017 et en gris l'intervalle de confiance à 95%.

La variation saisonnière de la température est clairement visible sur la figure, avec un pic entre juin et octobre, correspondant à la période estivale. Une stratification sur la verticale est également mise en évidence, surtout marquée en été. En moyenne, la température de surface atteint 20°C en juillet-août et 18°C à 4-5m de profondeur. Durant la période hivernale, la température est plus homogène sur la verticale et descend en moyenne jusqu'à 13°C en janvier.

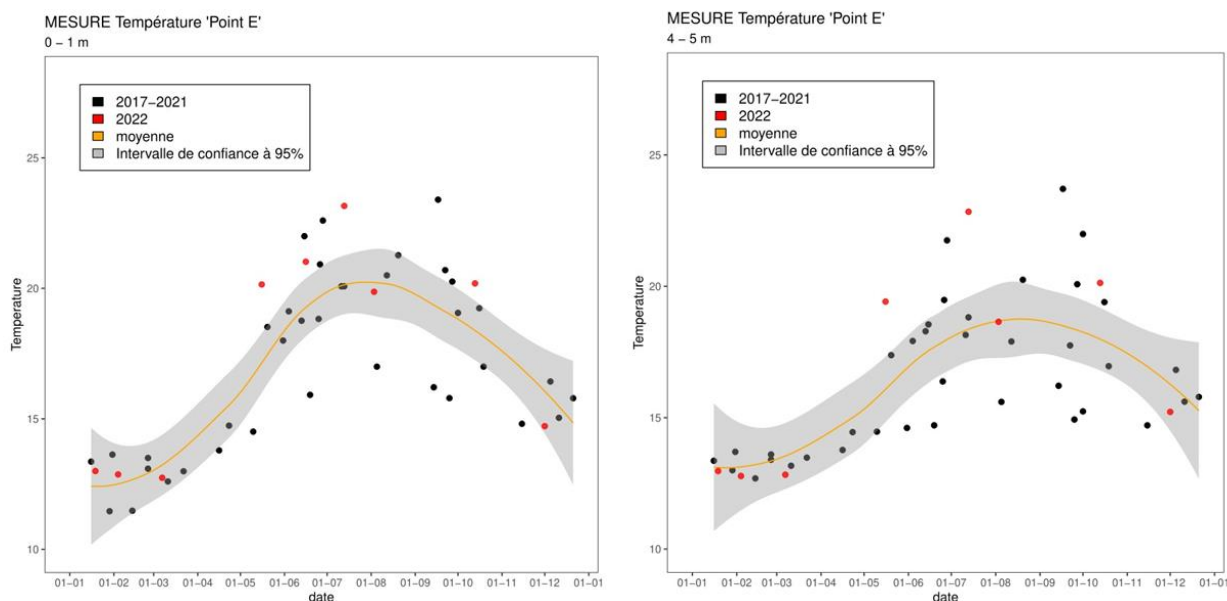


Figure 2-5 : Evolution des températures (°C) au point E à 0-1m de profondeur (à gauche) et à 4-5m de profondeur (à droite) (Source :Institut Écociroyen pour la Connaissance des Pollutions - Fos sur Mer)

Les mêmes résultats sont disponibles pour la salinité. La Figure 2-6 représente l'évolution annuelle de la salinité au point E à différentes profondeurs (en surface et à 4-5m de profondeur). Comme pour la température, les points rouges correspondent aux dernières mesures réalisées (en 2022), en orange la moyenne de l'ensemble des données depuis 2017 et en gris l'intervalle de confiance à 95%.

En surface, la salinité est fortement variable, impactée notamment par les apports en eaux douces du Rhône et de l'étang-de-Berre via le canal de Caronte. Les points de mesures sont très épars autour de la moyenne. Une variation saisonnière est tout de même visible, avec une salinité de surface globalement plus faible entre mars et octobre et remontant en période

hivernale. En moyenne, le minimum (~35) est atteint en mars-avril et le maximum (~38) en décembre-janvier. A 4-5m de profondeur les eaux sont plus salées ; ce sont les eaux de la Méditerranée. La salinité est constante dans l'année autour de 38.5.

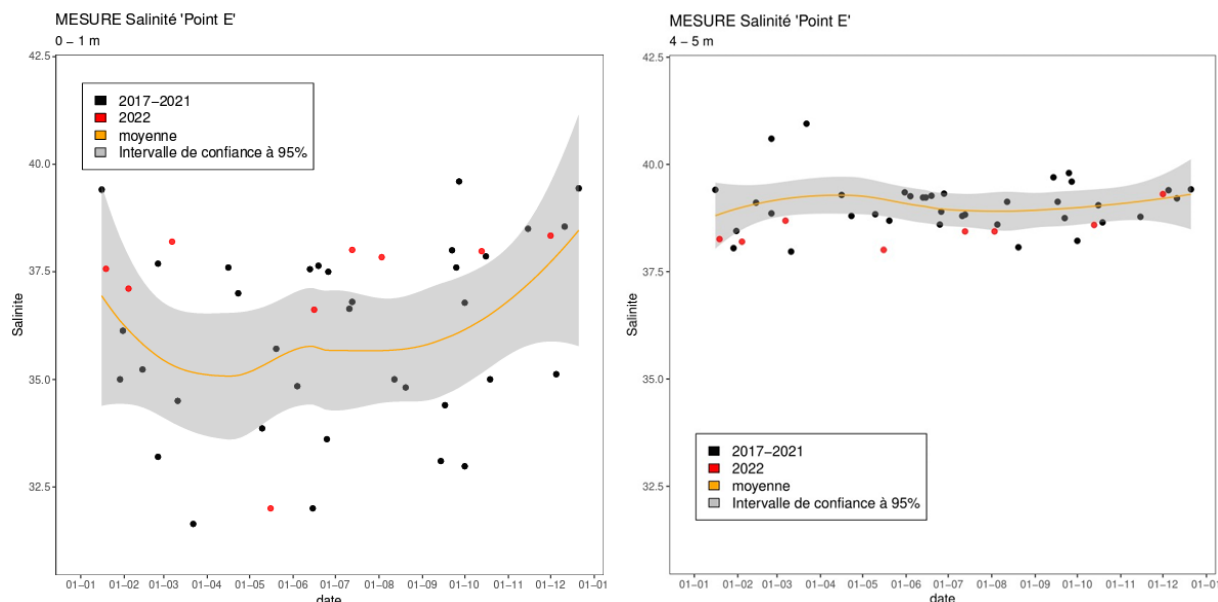


Figure 2-6 : Evolution de la salinité au point E à 0-1m de profondeur (à gauche) et à 4-5m de profondeur (à droite) (Source :Institut Écociroyen pour la Connaissance des Pollutions - Fos sur Mer)

2.3.2 VERS MARTIGUES DANS L'ÉTANG-DE-BERRE

Le GIPREB (Syndicat mixte Étang de Berre) a mis en place un réseau de 10 stations de suivi mensuelles dans l'étang-de-Berre. La Figure 2-7 présente leur localisation. Des mesures physico-chimiques sont réalisées le long des profils verticaux à l'aide de sondes multi-paramètres. Le suivi hydrologique est réalisé depuis 1997 et chaque année, un rapport est diffusé avec les observations de l'année écoulée.

Les dernières données disponibles au téléchargement datent de 2020. Les profils mensuels de température et de salinité ont pu être récupérés pour la station la plus proche de la sortie de l'étang-de-Berre, soit la station « H13 ». La Figure 2-8 extraite du rapport de 2020 [3] représente les profils verticaux mensuels de température et de salinité pour toutes les stations. La Figure 2-9 présente les résultats mensuels de pour la station H13 uniquement. Les profils verticaux vont jusqu'à 6m de profondeur pour ce point de suivi.

En période estivale (mesures de fin juillet), la température est homogène sur la verticale, à 26°C, tout comme la salinité à 24.

Tableau 2-3 : Localisation de la station de suivi H13

Longitude	5.064785° E
Latitude	43.415184° N

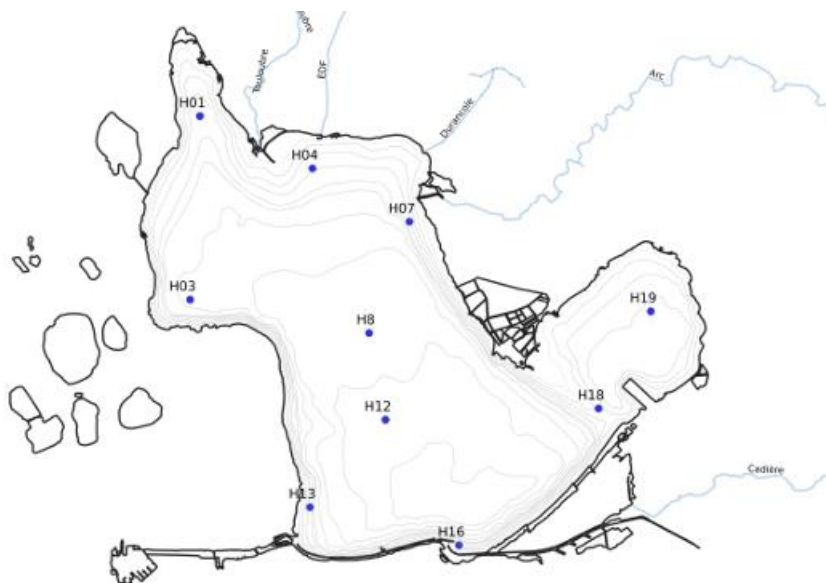


Figure 2-7 : Position des stations de suivi dans l'étang-de-Berre (Source : GIPREB)

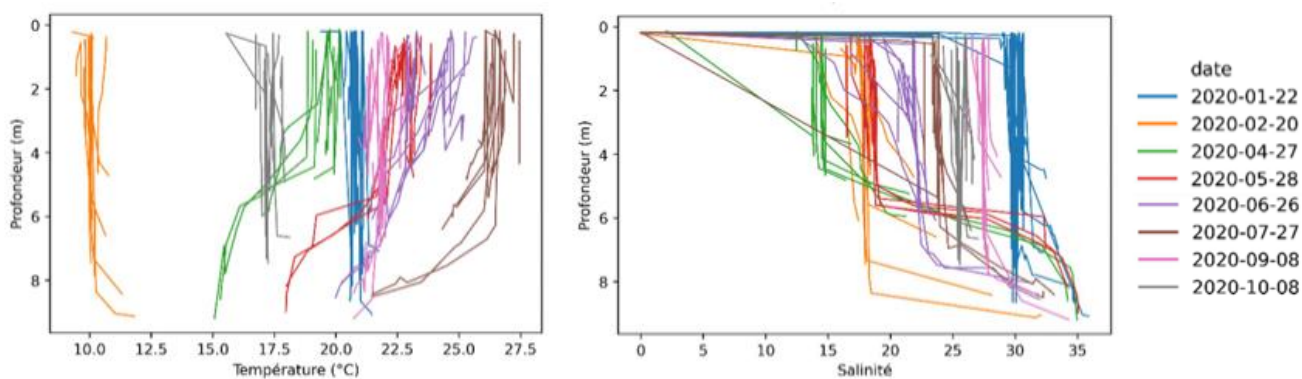


Figure 2-8 : Profils mensuels de température (à gauche) et de salinité (à droite) pour toutes les stations de suivi (Source : GIPREB)

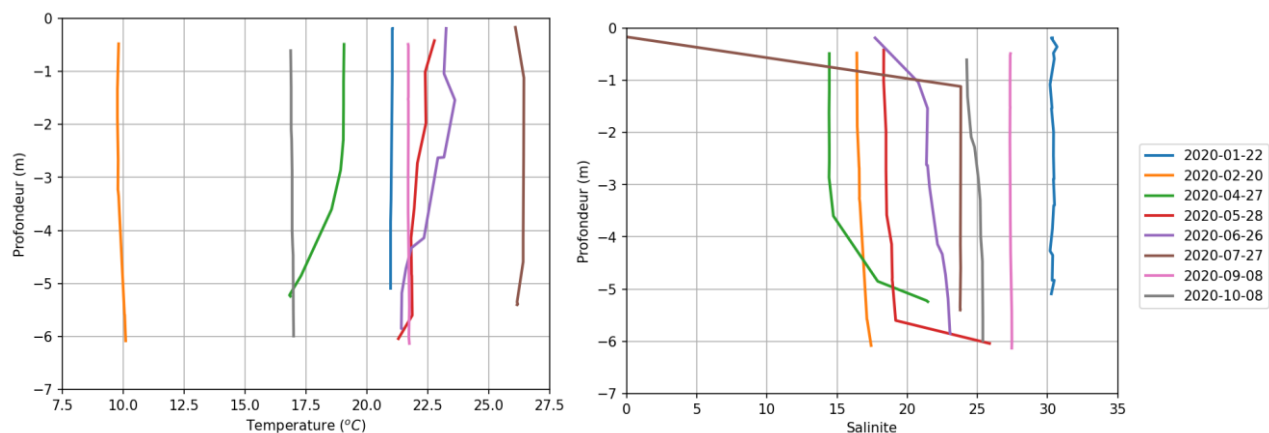


Figure 2-9 : Profils mensuels de température (à gauche) et de salinité (à droite) pour la station H13 ¹

¹ https://erddap.osupytheas.fr/erddap/tabledap/GIPREB_SondeCTD.html

2.3.3 MESURES DANS LE CANAL DE CARONTE

Des mesures de température dans le canal de Caronte ont également été fournies par le client. La Figure 2-10 représente les données horaires de température sur une année. La profondeur de la mesure n'est pas précisée.

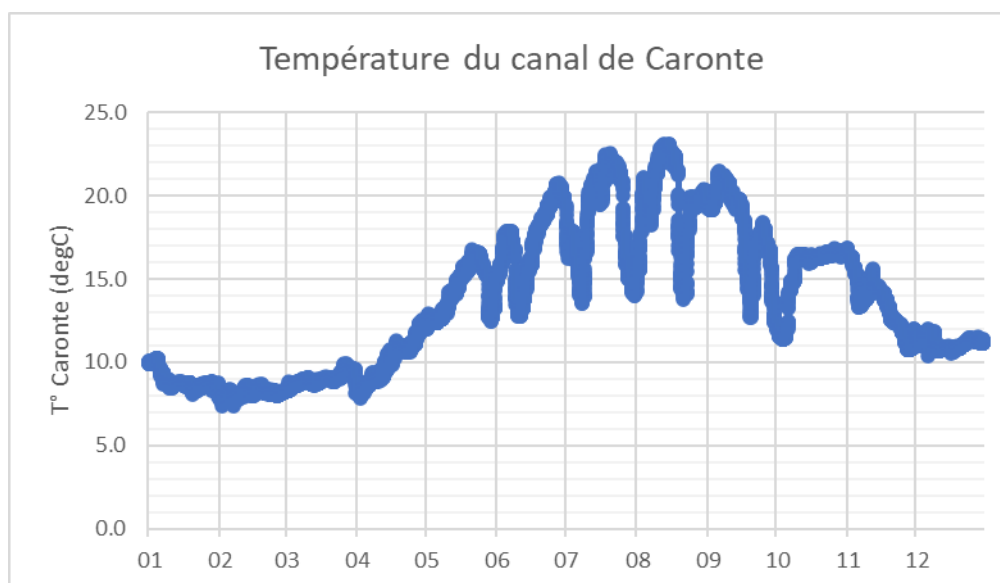


Figure 2-10 : Température mesurée dans le canal de Caronte

2.4 REJET

Les caractéristiques du rejet de la station de thalassothermie sont les suivantes :

- Le débit horaire maximal de **1650 m³/h** soit un débit maximal de 0.46 m³/s;
- La température du rejet est au maximum plus faible de **5°C** par rapport celle du milieu ambiant;

Avec le logiciel CORMIX, les rejets sont caractérisés par un débit sortant d'un émissaire de diamètre donné à une profondeur précise. Pour cette étude, le rejet thermique se déversant dans le canal de Caronte après avoir parcouru le petit canal de rejet est schématisé comme un émissaire à port simple **en surface** localisé au niveau du canal de Caronte et de diamètre **0.7 m**. Etant donné les limitations du modèle CORMIX dans le cas de faibles profondeurs, le point de rejet (en surface) est légèrement décalé dans le canal de Caronte où la profondeur est de 3.1m (point jaune sur la figure ci-dessous).



Figure 2-11 : Localisation avec vue satellite du captage (ligne orange) et du rejet (ligne bleue avec point de rejet pour CORMIX en jaune) du système de thalassothérapie dans le canal de Caronte

3. ANALYSE DU CHAMP PROCHE

Le champ proche au sens hydrodynamique du terme correspond à un écoulement dominé par la dynamique propre du panache. C'est-à-dire que les vitesses et la turbulence induites en sortie d'émissaire sont supérieures au courant ambiant. En sortie de champ proche, l'effluent est soumis au courant ambiant et devient « passif ». CORMIX est le logiciel de référence pour l'étude du champ proche.

Sous réserve d'une schématisation de l'environnement (laquelle requiert une analyse de l'environnement et des conditions de rejet), CORMIX donne les caractéristiques principales de l'écoulement de champ proche, notamment la cote d'équilibre du panache, son épaisseur et sa largeur ainsi que le taux de dilution en fonction de la distance au rejet.

3.1 HYPOTHESES DE CALCUL

Les hypothèses de calcul concernent les conditions du rejet et les conditions ambiantes.

3.1.1 CARACTERISTIQUES DU REJET

Les caractéristiques nécessaires à la modélisation sont : le débit, la géométrie du rejet et sa densité. Les paramètres suivants sont utilisés pour les calculs :

Tableau 3-1: Condition de rejet analysée

Débit (m ³ /h)	Diamètre (m)	Température	Salinité	Géométrie
1650	0.7	5°C en dessous de la température de surface du milieu ambiant	Même valeur de salinité que la surface du milieu ambiant	Port simple horizontal en surface

La densité du rejet est calculée selon l'hypothèse que l'eau thermique rejetée est inférieure de 5°C à la température du milieu ambiant et avec la même salinité que l'eau en surface dans le canal.

3.1.2 SCHEMATISATION DU MILIEU AMBIANT DANS CORMIX

L'objectif de la schématisation est de définir des conditions typiques représentatives pour étudier la dispersion du rejet. Les caractéristiques nécessaires à la modélisation sont :

- la géométrie du milieu récepteur (profondeur moyenne, distance à la côte) ;
- le courant ;
- la stratification thermohaline.

Le milieu récepteur est considéré comme un canal de largeur 150 m avec bathymétrie variable et de profondeur moyenne 4.4 m. Le modèle CORMIX ne permet pas de mettre une profondeur moyenne trop importante par rapport à la profondeur au point de rejet (ici rejet en surface où la profondeur est de 3.1 m).

CORMIX nécessite d'évaluer les conditions de courant (homogènes sur la verticale) représentatives de la zone de rejet. Les courants de marée prédominants dans le canal de Caronte sont schématisés par un courant parallèle à la côte (orienté globalement perpendiculairement à l'émissaire) avec une intensité variant de 50 à 100 cm/s entre morte-eau et vive-eau. En phase 1 de l'étude, le courant est pris à **50 cm/s**.

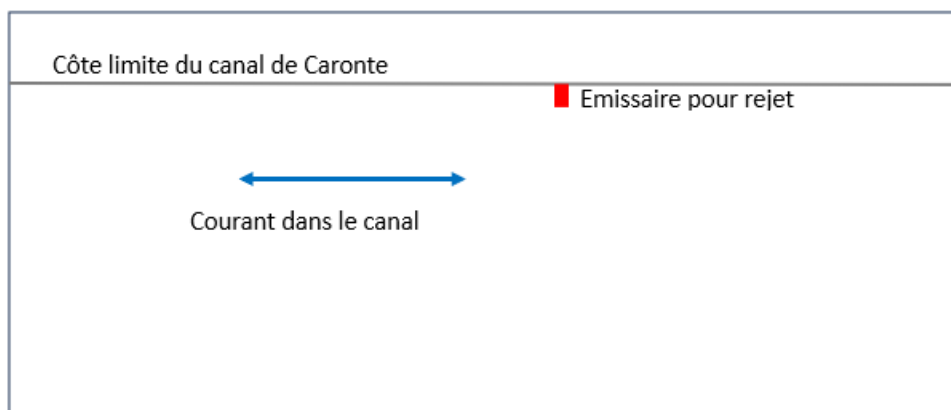


Figure 3-1 : Schématisation du courant pour l'étude du champ proche

La stratification thermohaline est définie à partir des analyses bibliographiques. Etant donnée la localisation du point de rejet, en début de canal de Caronte, plus proche du Golfe de Fos que de l'étang-de-Berre, les données utilisées pour caractériser le milieu dans le modèle sont celles relevées vers Port-de-Bouc présentées en section 2.3.1. Les mesures transmises par le client sont également cohérentes avec la variation saisonnière de ces données.

La stratification de la température est schématisée par un profil linéaire entre le fond et la surface. Une condition typique estivale est retenue pour la phase 1 de l'étude : 20°C en surface et 18 °C au fond.

Pour la salinité, les mesures du rapport sont très variables en surface. Le minimum mesuré en été est ~32.5, la moyenne autour de 36.5 et le maximum ~38. Une étude de sensibilité est réalisée sur la stratification en prenant ces différentes valeurs en surface. La salinité sur le fond est constante dans l'année autour de 38.5.

Tableau 3-2: Conditions de stratification étudiées

N°	Rejet en surface		Stratification du milieu ambiant	
	Température	Salinité	Température	Salinité
1	15 °C	32.5	Surface : 20°C Fond : 18°C	Surface : 32.5 Fond : 38.5
2		36.5		Surface : 36.5 Fond : 38.5
3		38		Surface : 38 Fond : 38.5

3.2 RESULTATS

Les Figure 3-2 et Figure 3-3 illustrent les résultats de la forme du panache et la dilution du rejet (l'écart en température du panache avec le milieu ambiant) pour les trois scénarios de stratification. La Figure 3-2 est une vue 3D. La Figure 3-3 représente le panache vu du dessus.

Les résultats sont assez différents selon la stratification qui est définie ; la classification du flux par CORMIX est différente dans les 3 cas étudiés. La distance et la profondeur à laquelle se stabilise le rejet dépend fortement de cette paramétrisation tout comme la forme du panache et la limite du champ proche. A noter que lorsque la salinité de surface change, les caractéristiques du rejet également puisqu'elles sont définies en fonction des valeurs en surface.

Le premier scénario est celui avec la stratification haline la plus importante (la salinité en surface est 6 ppt en dessous de la salinité du fond). Le panache a tendance à rester en surface en s'éloignant du rejet puis s'étale dans la verticale sous l'effet de l'écart de densité.

C'est également ce qui est observé pour le troisième scénario, où la stratification haline est moins marquée. Le panache est légèrement plus étalé mais reste en surface sur les premiers mètres sous l'effet du jet avant de se mélanger plus dans la colonne d'eau pour atteindre une cote d'équilibre.

La limite du champ proche est d'une quinzaine de mètres pour le cas fortement stratifié et de 25 m pour le cas le moins stratifié.

Le deuxième scénario, avec la salinité de surface moyenne des mesures, présente des résultats différents des deux autres. Le panache s'étale beaucoup plus sur la longueur, la limite du champ proche est à 160 m du point de rejet. La forme du panache est également différente, plus la distance au point de rejet augmente, plus le panache s'étale sur la verticale jusqu'à atteindre la profondeur moyenne, limite du champ proche.

Dans les trois cas de stratification, à l'issue du champ proche, l'écart de température du panache avec le milieu ambiant est sous les 0.5°C. La Figure 3-4 et Figure 3-5 montrent respectivement l'évolution de l'écart et de la dilution en fonction de la distance au point de rejet. La diminution de l'écart en température est très rapide : à 20 m du rejet, l'écart est sous les 0.6°C dans les 3 scénarios.

La Figure 3-6 représente les isolignes d'écart en température sur le plan horizontal en surface pour les trois scénarios.

Tableau 3-3: Synthèse des résultats du champ proche

N°	Salinité du milieu ambiant	Limite du champ proche (distance au point de rejet (m))	Ecart de température (°C) à l'issue du champ proche
1	Surface : 32.5 Fond : 38.5	15	0.5
2	Surface : 36.5 Fond : 38.5	160	0.15
3	Surface : 38 Fond : 38.5	25	0.3

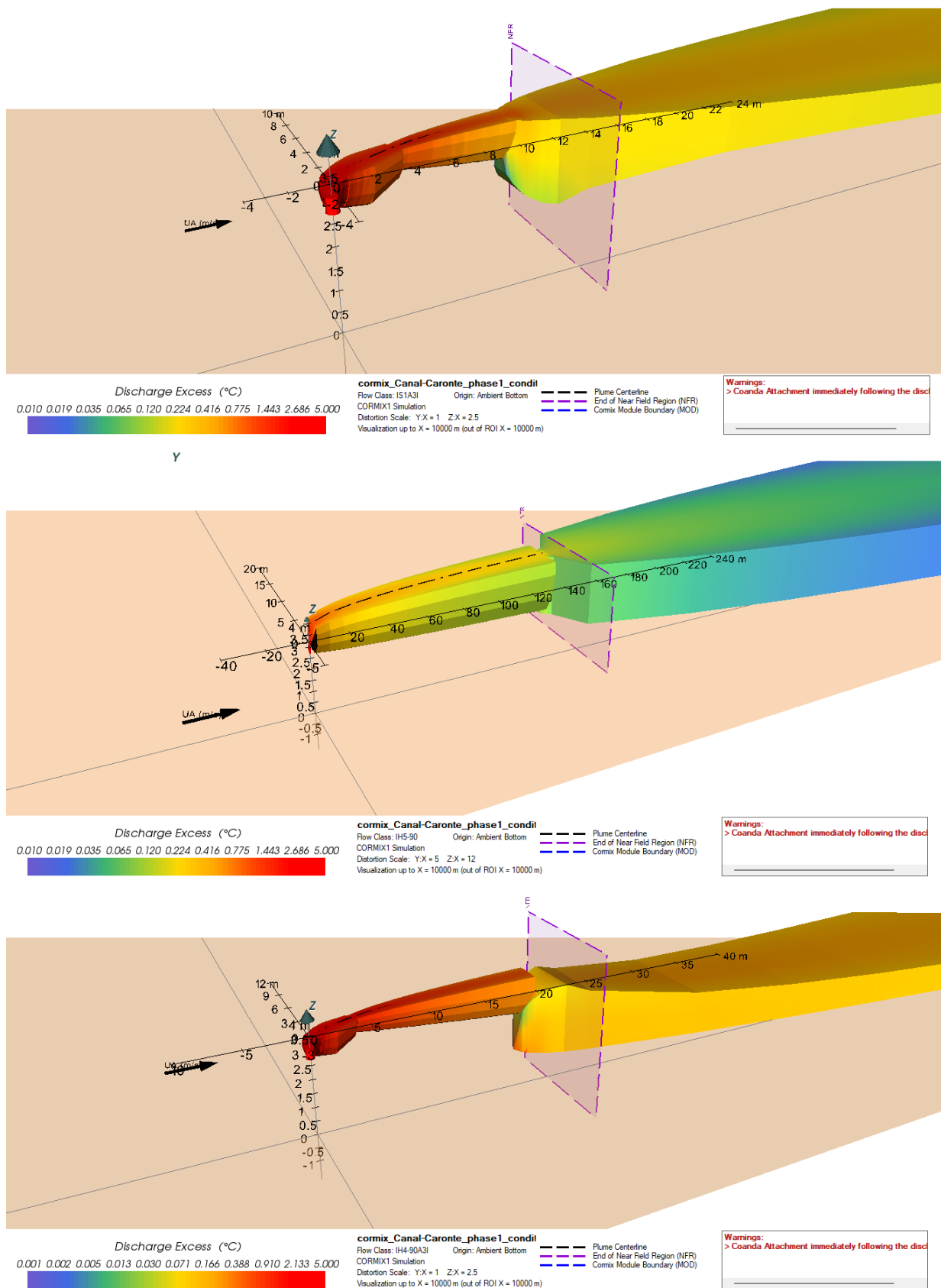


Figure 3-2 : Représentation 3D des panaches en condition estivale avec en dégradé de couleur la différence de température par rapport au milieu ambiant (5°C au niveau du rejet et diminution en s'éloignant) pour une salinité en surface à 32.5 ppt (haut), à 36.5 ppt (milieu) et à 38 ppt (bas).

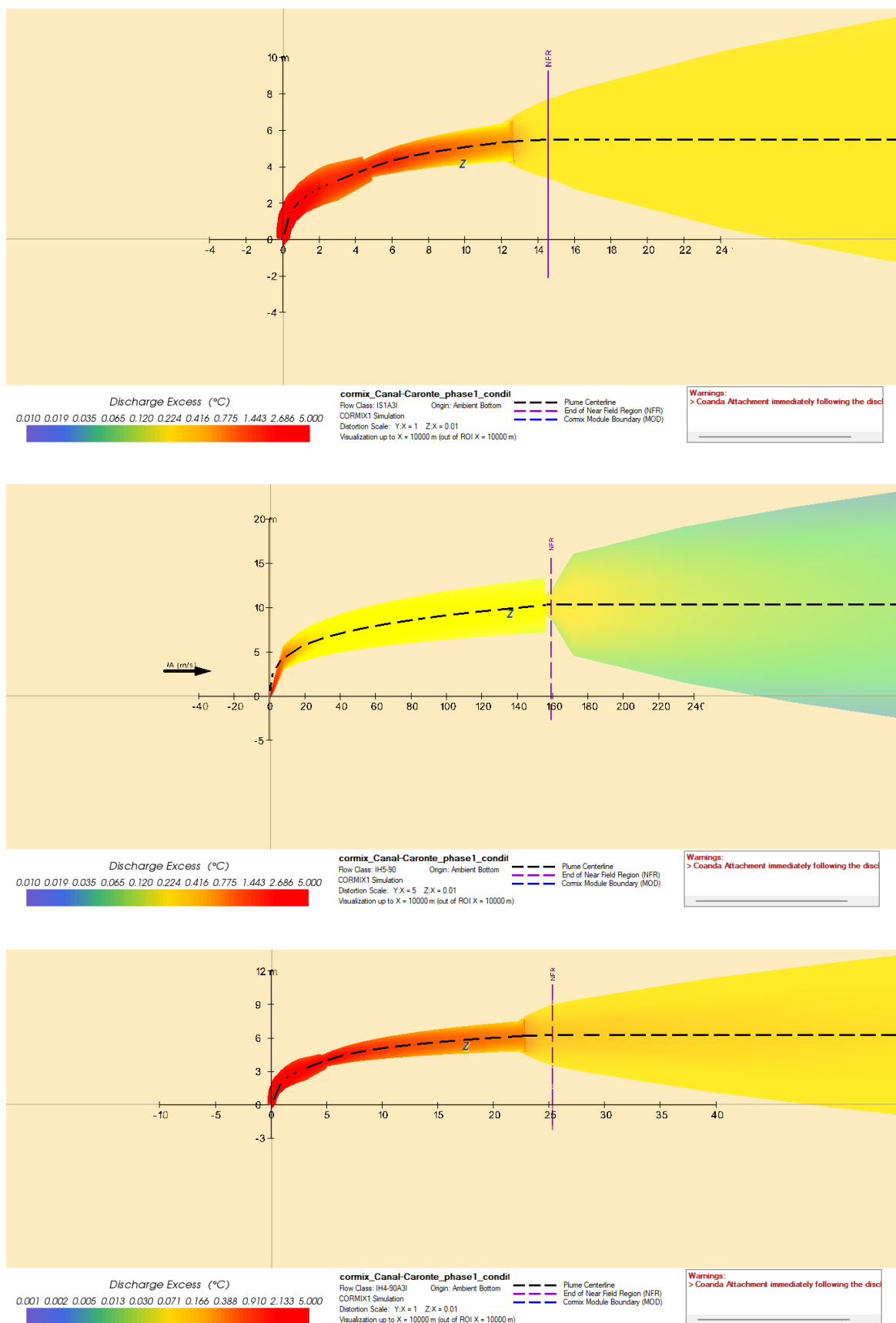


Figure 3-3 : Vue du dessus des panaches en condition estivale avec en dégradé de couleur la différence de température par rapport au milieu ambiant (5°C au niveau du rejet et diminution en s'éloignant) pour une salinité en surface à 32.5 ppt (haut), à 36.5 ppt (milieu) et à 38 ppt (bas).

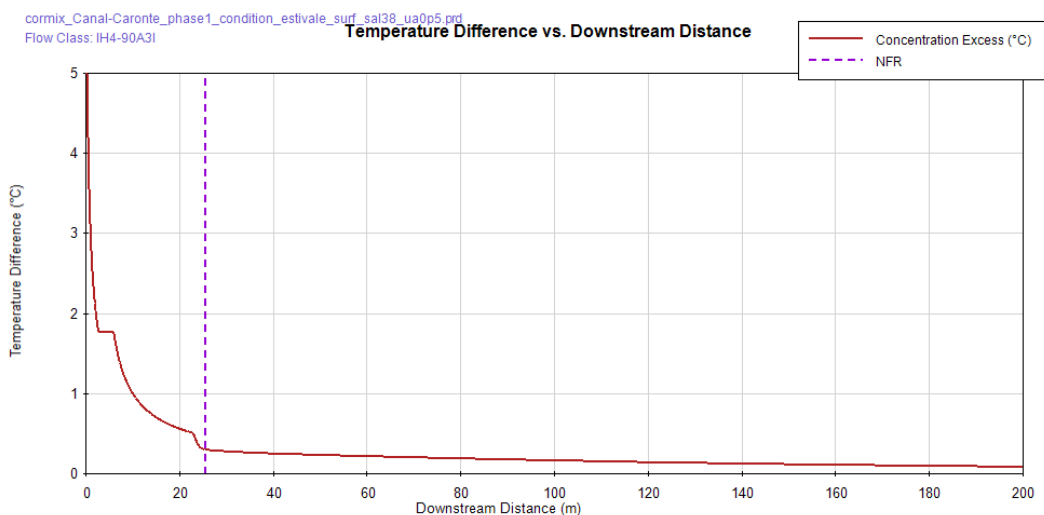
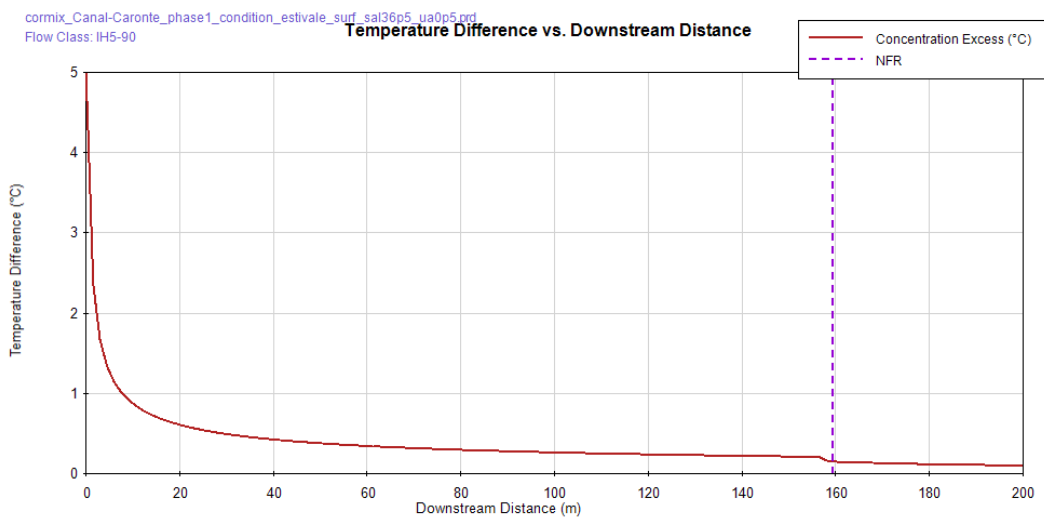
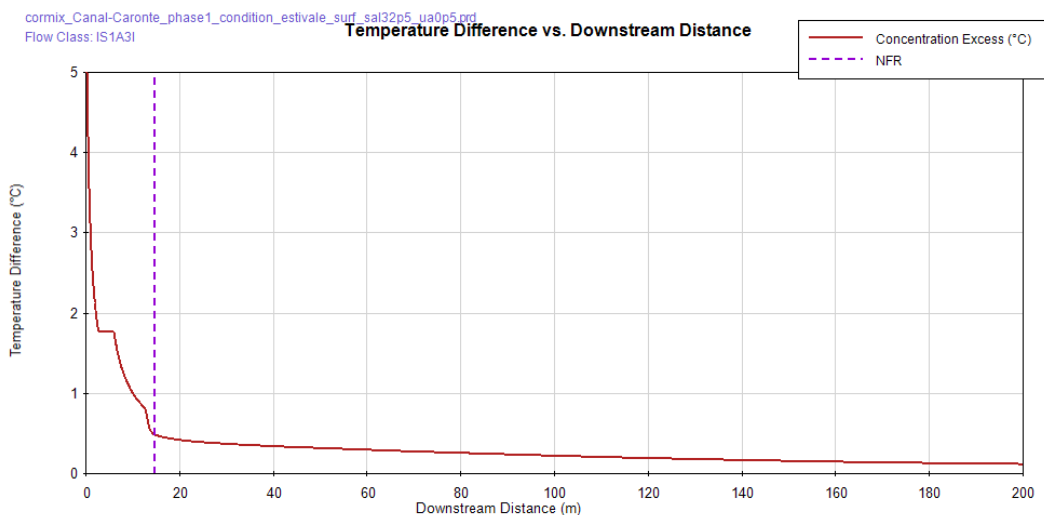


Figure 3-4 : Ecart de température du panache par rapport au milieu ambiant en fonction de la distance au point de rejet pour une salinité en surface à 32.5 ppt (haut), à 36.5 ppt (milieu) et à 38 ppt (bas).

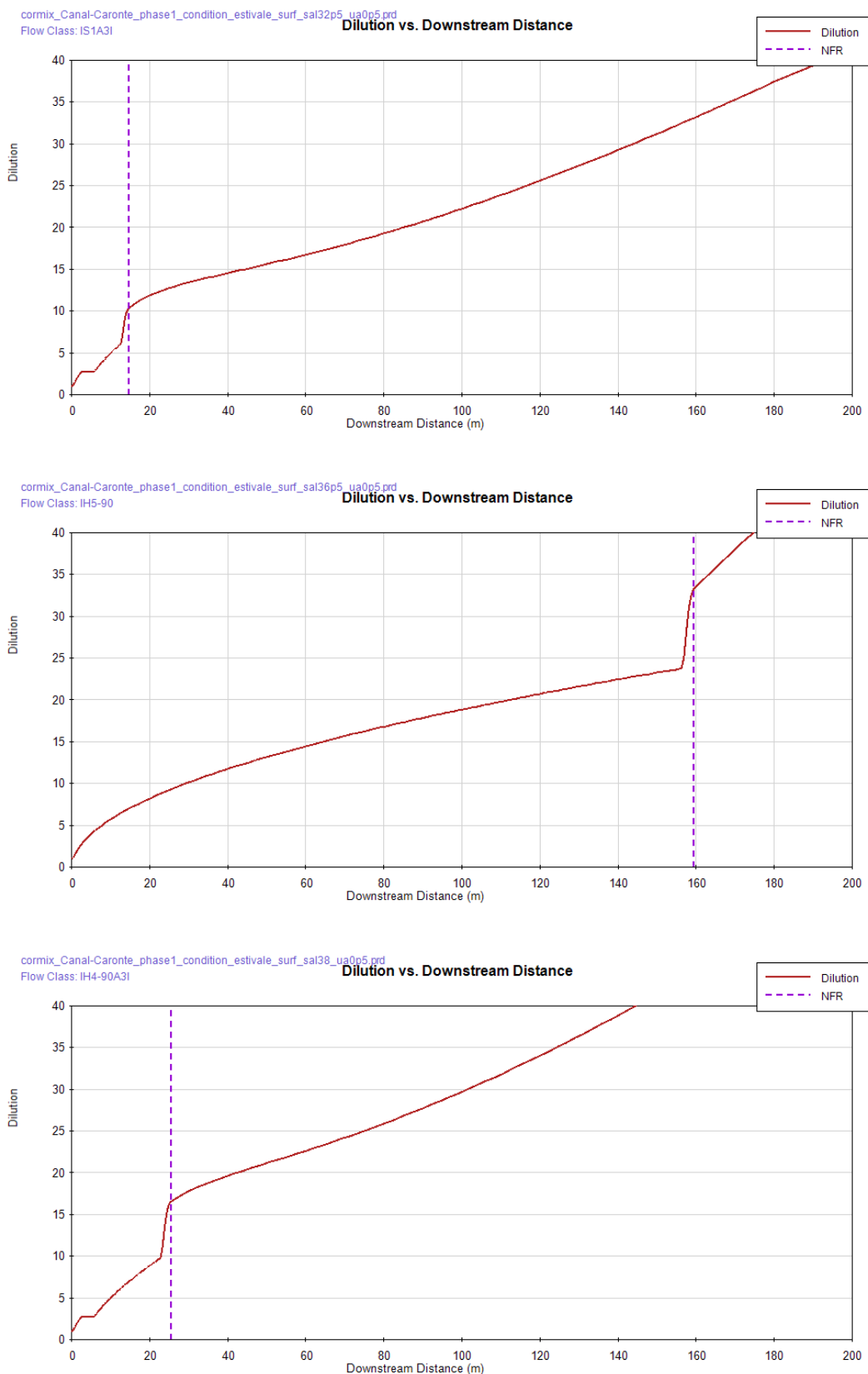


Figure 3-5 : Dilution du panache en fonction de la distance au point de rejet pour une salinité en surface à 32.5 ppt (haut), à 36.5 ppt (milieu) et à 38 ppt (bas).

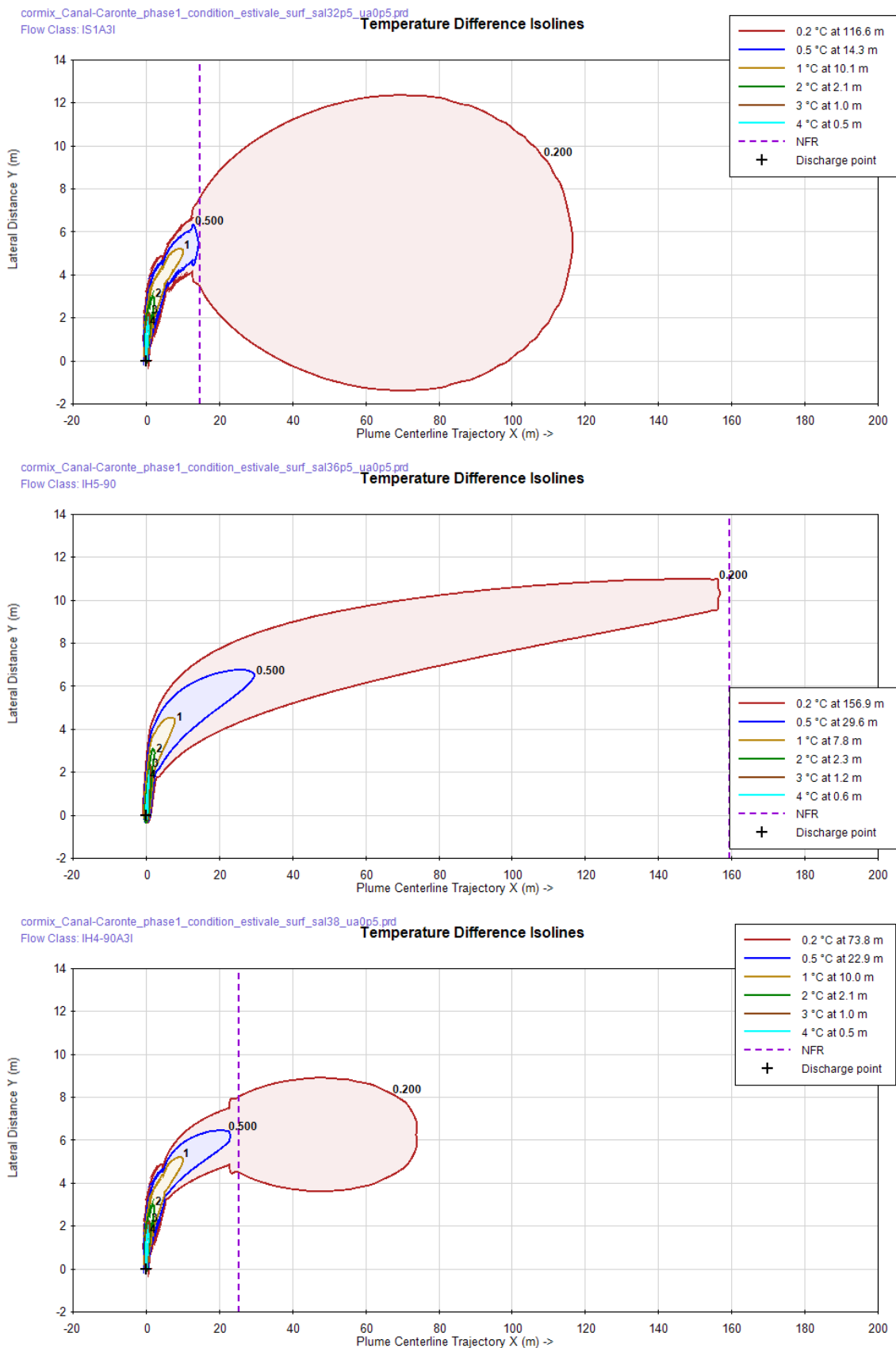


Figure 3-6 : Vue du dessus des isolignes représentant l'écart de température du panache par rapport au milieu ambiant pour une salinité en surface à 32.5 ppt (haut), à 36.5 ppt (milieu) et à 38 ppt (bas).

4. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Aménagement du Quai des Salins – Impacts courantologiques et hydro-sédimentaire. Safege, Version 3.1, 2010, 43p.
- [2] Audrey Souloumiac. Résultats des paramètres physico-chimiques du golfe de Fos effectués par le réseau VOCE en 2022. Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions, 2023, 22p.
- [3] GIPREB, Observatoire du milieu Bilan annuel 2020. 2020, 73p.