



# **Modélisation de la dispersion des effluents rejetés par le Wharf de La salie**

## **Rapport final**



Projet : POC-0904

Responsables : Marc Vengud – Olivier Raillard





# RAPPORT FINAL

## Modélisation de la dispersion des rejets de La Salie

Vérification des documents

IMP411

Numéro du projet :

Intitulé du projet :



Intitulé du document :

Version	Rédacteur NOM / Prénom	Vérificateur NOM / Prénom	Date d'envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES Documents de référence / Description des modifications essentielles
V.1	Matthieu Caillaud	Olivier Raillard	14/11/2014	Version initiale
V.2	Matthieu Caillaud	Olivier Raillard	31/12/2014	Version finale
v.3	Olivier Raillard		01/06/2018	Version finale



## Sommaire

1	Motifs et objectifs de l'étude .....	8
2	Presentation du document.....	11
3	Configuration des modeles .....	12
	<b>3.1 introduction.....</b>	<b>12</b>
	<b>3.2 MODÈLES MIS EN ŒUVRE .....</b>	<b>12</b>
	3.2.1 SEAMER.....	12
	3.2.2 SWAN.....	13
	3.2.3 CORMIX.....	13
	3.2.4 INTÉGRATION DES MODÈLES – PILOTAGE DES SIMULATIONS	14
	<b>3.3 EMPRISES D'APPROCHE ET D'ÉTUDE .....</b>	<b>15</b>
	<b>3.4 MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN (MNT) DES CONFIGURATIONS D'ÉTUDE .....</b>	<b>17</b>
	<b>3.5 FORÇAGES .....</b>	<b>19</b>
4	Validation .....	21
	<b>4.1 PRÉSENTATION QUALITATIVE DE LA COURANTOLOGIE</b>	<b>21</b>
	4.1.1 STRUCTURE SPATIALE DES COURANTS DE MARÉE .....	21
	4.1.2 RÉFRACTION/DÉFERLEMENT DE LA HOULE.....	21
	4.1.3 TENSIONS DE RADIATION.....	21
	4.1.4 CIRCULATION DUE AU VENT.....	22
	<b>4.2 EXAMEN DES MESURES .....</b>	<b>23</b>
	4.2.1 PÉRIODE DE MESURE .....	23
	4.2.2 ADCP.....	23

4.2.3	ADV .....	25
<b>4.3</b>	<b>CONFRONTATION MODÈLE/MESURES .....</b>	<b>31</b>
4.3.1	HAUTEUR D'EAU .....	31
4.3.2	COURANT .....	32
4.3.3	VAGUES .....	33
4.3.4	MESURES ADV .....	34
<b>4.4</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>Etude de dispersion .....</b>	<b>37</b>
<b>5.1</b>	<b>SCENARIOS D'ETUDE .....</b>	<b>37</b>
5.1.1	SCENARIOS METEO-OCEANIQUES .....	37
5.1.2	NATURE DE L'EFFLUENT ET CONDITIONS DE REJET .....	43
5.1.3	BILAN DES TRACEURS ETUDIES .....	43
<b>5.2</b>	<b>ETUDE DE CHAMP PROCHE .....</b>	<b>44</b>
5.2.1	PRESENTATION .....	44
5.2.2	RESULTATS .....	44
<b>5.3</b>	<b>ETUDE DE DISPERSION DANS LE CHAMP LOINTAIN (situation actuelle)</b>	<b>49</b>
5.3.1	PRESENTATION DES TRAITEMENTS ET DES RESULTATS ....	49
5.3.2	EFFETS DU REJETS SUR LES TENEURS EN E.COLI .....	52
5.3.3	DILUTION DU REJET .....	60
5.3.4	EFFETS DU REJET SUR LES TENEURS EN MES ET LE DEPOT64	
<b>5.4</b>	<b>SIMULATIONS ANNEXES .....</b>	<b>64</b>
5.4.1	INFLUENCE DE LA BATHYMETRIE .....	65
5.4.2	EFFET D'UN ALLONGEMENT DU WHARF .....	65
<b>6</b>	<b>Conclusions .....</b>	<b>68</b>
<b>7</b>	<b>Bibliographie .....</b>	<b>70</b>

## Table des illustrations

Figure 1-1. Toponymie et position (approximative) du wharf.....	8
Figure 1-2. Vue aérienne du wharf de La Salie.....	9
Figure 3-1. Flux de données dans le système de modélisation .....	14
Figure 3-2. Emprise des rangs 1 à 4 dans celle du rang 1 (fond de carte: MNT #0) ; emprise des rangs 3 à 5 dans celle du rang 2 (fond de carte : MNT #2).....	17
Figure 3-3. MNT des rangs 4 (gauche) et 5 (droite). Le point bleu localise la position des mesures ADCP, les points jaunes celles de la mesure ADV.....	19
Figure 4-1. Conditions météo-océaniques pendant les mesures GEO-Transfert .....	23
Figure 4-2. Mesures du courant par ADCP.....	24
Figure 4-3. Houle mesurée par la bouée CANDHIS « Cap Ferret » (vert) et par l'ADCP (rouge).....	25
Figure 4-4. Localisation des mesures ADV.....	26
Figure 4-5. Résultats des mesures ADV1 et ADV2 pendant la première marée.....	27
Figure 4-6. Résultats des mesures ADV1 (haut) et ADV2 pendant la seconde marée. ....	28
Figure 4-7. Synthèse des mesures ADV au voisinage de la pleine mer (en bleu le vecteur référence 1 cm/s, en rouge la première pleine mer, en vert la deuxième). ....	30
Figure 4-8. Validation en hauteur d'eau - vue globale.....	31
Figure 4-9. Validation en hauteur d'eau - zoom sur la 2ème vive-eau.....	31
Figure 4-10. Validation en courant (composantes u et v) : vue globale. ....	32
Figure 4-11. Validation en courant (composantes u et v) : zoom sur la 2ème vive-eau.....	33
Figure 4-12. Houle forcée au rang 3 par la bouée CANDHIS « Cap Ferret » (vert) et calculée au site ADCP (rouge).....	34
Figure 4-13. Courants modélisés pendant les mesures ADV1 (haut) ADV2 (bas).....	35
Figure 5-1 Calendrier des clusters entre 2011 et 2013.....	39
Figure 5-2 Probabilité d'enchaînements des paires de cluster .....	40
Figure 5-3. Classification CORMIX de l'écoulement de champ proche; de haut en bas : H4-0, H4-180, H3. ....	45
Figure 5-4. Coupe verticale dans le panache CORMIX de l'essai #1. ....	46
Figure 5-5 : Enveloppe du panache (plan horizontal) dans l'essai #1.....	47
Figure 5-6. Extrapolation (en X = 0) d'une source équivalente ; à gauche : S ; à droite : BV. ....	48
Figure 5-7 Points de suivi des concentrations dans l'eau, positionnés sur la bathymétrie en mètres ....	50

Figure 5-8 Points de suivi des concentrations dans les coquillages, positionnés sur la bathymétrie en mètres .....	51
Figure 5-9 Échelle de couleur pour les concentrations maximales en E.Coli/100ml. ....	51
Figure 5-10 Échelle de couleur pour les temps de dépassement. ....	51
Figure 5-11. Sensibilité des concentrations maximales en E.Coli à la valeur du T90 dans les situations 1 (haut) et 3 (bas). ....	63
Figure 5-12. Concentrations maximales en E.coli induites par le rejet de la Salie avec un T90 de 24h, en situation et hivernale avec le wharf actuel (gauche) et avec le wharf allongé de 400 m (droite) - Résultats issus de la modélisation -.....	66



## Liste des tableaux

Tableau 3-1. Les 6 rangs de l'emboîtement SEAMER .....	16
Tableau 3-2. Les forçages (ou Conditions aux Limites) appliqués à SEAMER/SWAN .....	19
Tableau 5-1 Régimes calculés par la méthode des clusters.....	38
Tableau 5-2 Scénarios météo-océaniques réels issus des résultats de l'analyse en clusters .....	42
Tableau 5-3 : Résultats CORMIX.....	47
Tableau 5-4 Bilan des teneurs maximales en E.Coli issu des résultats de la modélisation .....	54
Tableau 5-5 : Bilan des temps de dépassement annuel du seuil de 100 E.Coli issu des résultats de la modélisation .....	55
Tableau 5-6 Bilan des temps de dépassement annuel du seuil de 1000 E.Coli issu des résultats de la modélisation .....	56
Tableau 5-7 Bilan des teneurs maximales en E.Coli dans le liquide intervalvaire et la chaire des coquillages issu des résultats de la modélisation .....	59
Tableau 5-8 Bilan des dilutions minimales issu des résultats de la modélisation .....	61
Tableau 5-9. Dilutions minimales issues des résultats de la modélisation pour le scénario 5 dans la configuration actuelle et avec la bathymétrie de 2006. ....	65

## 1 MOTIFS ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les effets des rejets du Wharf sur la qualité des eaux littorales ont soulevé et soulèvent de nombreuses interrogations. Ces rejets s'effectuant au sud des passes du Bassin d'Arcachon (voir figure ci-dessous), ils sont ou ont été suspectés d'altérer la qualité des eaux de baignade de Biscarrosse ou de celle des plages situées au nord (Le Radar, La lagune) voire de contaminer les huîtres cultivées sur le banc d'Arguin.

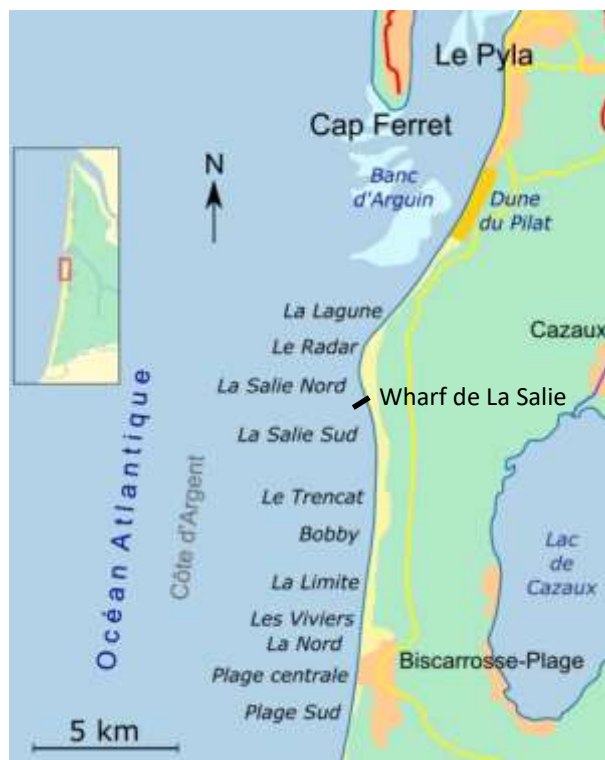


Figure 1-1. Toponymie et position (approximative) du wharf



Figure 1-2. Bancs et passes du Bassin

Pour y répondre le SIBA a entre autres mené des études visant à représenter par modélisation mathématique la dispersion en mer des effluents du wharf.



Figure 1-3. Vue aérienne du wharf de La Salie.

Cette étude s'inscrit dans la continuité des précédentes actions entreprises dans ce domaine par le SIBA en tentant d'y apporter plus de réalisme. Son objectif est de produire de nouveaux éléments tangibles permettant de statuer quant à l'incidence sur l'environnement et les usages, du rejet de La Salie. L'accent sera mis sur la

situation actuelle mais des éléments et compléments seront également apportés sur les possibles effets de l'évolution de la bathymétrie depuis 8 ans et ceux d'un prolongement en mer de la conduite.

## 2 PRESENTATION DU DOCUMENT

Ce document constitue le rapport final de l'étude et comprend les volets suivants :

- La description du système de modélisation mis en œuvre ;
- La procédure de vérification et de qualification de la modélisation hydrodynamique ;
- Les résultats des études de dispersion conduites dans la configuration actuelle, avec une conduite de rejet prolongé en mer et en appliquant la bathymétrie de l'année 2006.

La conclusion de ce rapport résume les avancées techniques de cette étude et synthétise ses principaux enseignements.

## 3 CONFIGURATION DES MODELES

### 3.1 INTRODUCTION

Cette étude ambitionne de contribuer à l'amélioration de la modélisation du devenir des effluents rejetés au wharf de La Salie.

La synthèse SOGREAH (2010) [2] rend compte de l'amélioration progressive des modèles numériques sur la période 1991-2008. On retiendra principalement :

- l'augmentation de la résolution spatiale, pour arriver à 100 m au niveau des passes et 5 m dans un rayon de 800 m autour du wharf ;
- la simulation d'un cycle de marée complet (vive-eau/morte-eau) et non plus d'une marée isolée ;
- l'utilisation de mesures réelles pour le vent : prise en compte de sa variabilité temporelle.

La présente étude maintient ces propriétés en y ajoutant la satisfaction des besoins déjà identifiés par IFREMER (1998, p. 55) à savoir :

- La prise en compte des interactions entre la houle et le courant qui permet de représenter entre autres la dérive littorale (courant impulsé par les vagues, qui longe les côtes) ;
- une modélisation tridimensionnelle pour rendre compte de la variation des courants (et des concentrations induites par le rejet) selon la profondeur.

Une amélioration est également apportée au traitement du champ proche, afin de mieux cerner les échelles verticales (cote et épaisseur du panache) qu'il convient d'« injecter » dans le modèle numérique. Enfin, le système de modélisation intègre un module qui permet de représenter les processus de contamination et de décontamination des mollusques.

### 3.2 MODÈLES MIS EN ŒUVRE

#### 3.2.1 SEAMER

SEAMER (© SAFEGE/ACTIMAR) est un modèle numérique de l'océan côtier, basé sur les équations primitives d'un milieu incompressible, hydrostatique suivant l'hypothèse de Boussinesq. Ces équations contiennent tous les processus nécessaires à la réalisation d'études en matières de courantologie marine (marée, vent, fleuves...), de qualité des eaux littorales (stations d'épuration, rejets industriels, bactériologie des eaux de baignade...) et de transport hydro-sédimentaire dans l'environnement naturel (envasement, extraction de granulats, clapages...). Si nécessaire, la description du champ proche d'un émissaire ou d'un clapage est complétée par des outils dédiés (Plumes, Cormix, Stfate), avec lesquels SEAMER peut interagir.

Le code s'appuie sur des schémas classiques en différences finies. La coordonnée "sigma" est utilisée sur la verticale. Une originalité de SEAMER est le traitement du mode barotrope, évalué de façon semi-implicite, qui permet de s'affranchir du time-splitting et autorise ainsi un couplage plus direct entre les modes barotrope et barocline (un seul pas de temps). Une autre particularité concerne les conditions aux limites ouvertes qui sont exprimées au centre de la maille (forçage en niveau) car SEAMER était initialement dédié à la modélisation d'écoulements forcés par la marée.

La robustesse de sa formulation numérique et la relative simplicité de ses structures de donnée en font un outil particulièrement adaptable aux contraintes de l'Océanographie Côtière Opérationnelle.

SEAMER peut être vu comme la branche "orientée bureau d'étude" de MARS, dont le développement se poursuit à l'Ifremer dans une optique "recherche". Les deux codes évoluent indépendamment depuis la fin des années 90.

### 3.2.2 SWAN

SWAN (© TU DELFT) est un modèle de vagues de « troisième génération » qui permet d'obtenir des estimations réalistes de nombreux paramètres en zone côtière, dans les estuaires et dans les lacs, à partir de conditions données de vent, de bathymétrie et de courantologie. Le modèle est basé sur l'équation-bilan de l'action d'onde, en présence de termes source et puits. Ces termes permettent notamment d'intégrer les processus de :

- génération des vagues (par le vent) ;
- propagation : shoaling, réfraction par la bathymétrie et les courants, interactions non-linéaires (vague-vague) ;
- dissipation : moutonnement, frottement sur le fond et déferlement bathymétrique.

Les calculs avec SWAN peuvent être réalisés sur une grille structurée (incluant les coordonnées curvilignes) ou sur une grille non structurée (maillage triangulaire). Dans le premier cas la technique des nested runs (simulations emboîtées) est utilisée pour passer de l'échelle hauturière à l'échelle côtière ou littorale. Signalons enfin que SWAN est parallélisé OpenMP et MPI.

### 3.2.3 CORMIX

Dans l'écoulement autour du rejet, on distingue classiquement :

- le champ proche : non-hydrostatique, très turbulent, très sensible aux conditions initiales du rejet (débit et densité de l'effluent, géométrie du diffuseur) ; N.B. les temps (distances) de parcours se chiffrent en secondes (mètres) dans le champ proche ;
- le champ lointain : écoulement hydrostatique, soumis à une turbulence de nature géophysique (cisaillement de courant, déferlement de la houle, etc.).

La structure 3D du panache lointain est fortement influencée par les agents météoro-océanique présentant eux-mêmes une structure verticale : circulation du vent, couche-limite de marée, etc. Cependant l'action de ces agents de dispersion sera d'autant plus tri-dimensionnelle qu'elle agira sur une structure de rejet déjà hétérogène : c'est pourquoi il est important de quantifier le profil vertical des concentrations en sortie du champ proche.

La méthode employée par Actimar consiste à étudier le champ proche avec un logiciel semi-empirique dédié, et à en déduire la structure verticale du terme-source (débits et concentrations) qui sera injectée dans le modèle 3D de circulation côtière. Le modèle de champ proche utilisé pour ce faire est CORMIX (® MIXZON) ; cet outil permet notamment de prédire si l'on se trouve en situation « stable » (concentration restant intensifiée près de la surface à cause de la flottabilité résiduelle de l'effluent) ou « instable » : recirculation dans le champ proche par interaction avec la surface (sans confinement vertical).

Il est à noter que CORMIX est référencé par la Communauté Européenne comme un des outils permettant l'estimation « de niveau 2 » des zones de mélange [4].

### 3.2.4 INTÉGRATION DES MODÈLES – PILOTAGE DES SIMULATIONS

Le flux des données entre les différents modèles est illustré par la figure ci-dessous :

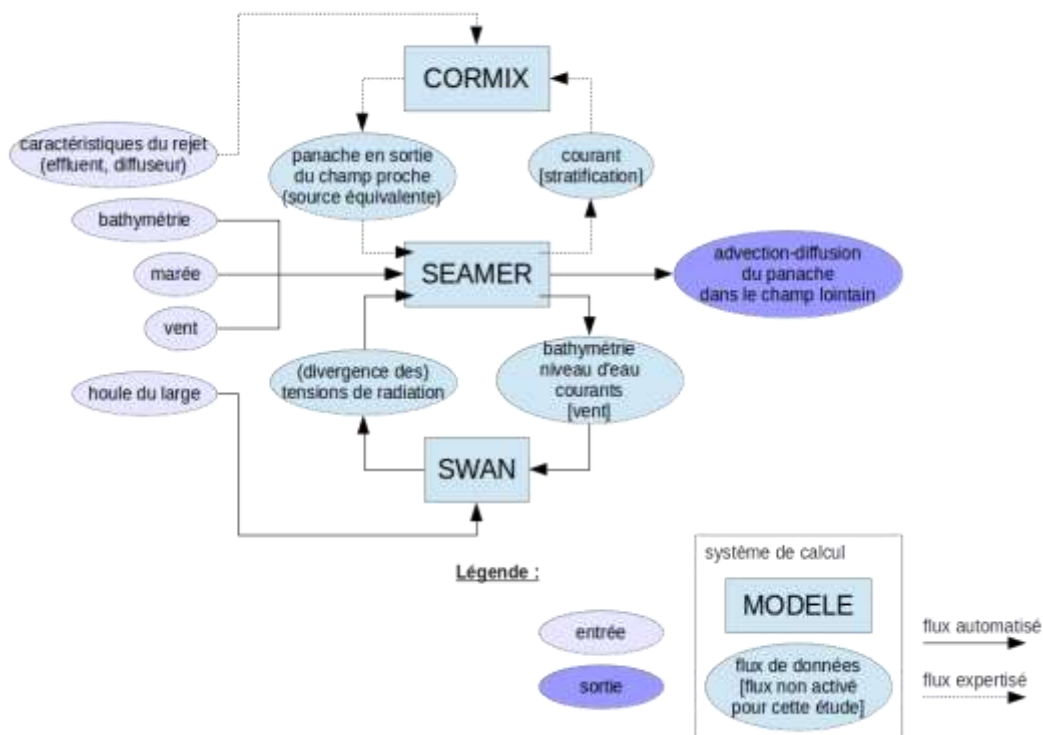


Figure 3-1. Flux de données dans le système de modélisation



Le couplage entre SWAN (états de mer) et SEAMER (circulation littorale) est largement automatisé. SWAN est mis en œuvre sur les mêmes grilles (§3.2) et MNT (§3.3) que SEAMER (technique des nested runs). Les deux codes utilisant exhaustivement l'allocation dynamique de la mémoire, les calculs à chaque « rang » correspondent en pratique à différentes instances du même exécutable. Les échanges de données se font via le système de fichier (Linux).

Le couplage SEAMER-SWAN a été validé en configuration schématique [5], avec notamment une comparaison directe à une configuration TELEMAC-TOMAWAC, qui s'est avérée très satisfaisante à condition d'utiliser la même paramétrisation du frottement sur le fond dans chacun des systèmes de calcul. Le couplage a depuis été porté en 3D, en appliquant aux tensions de radiations la même distribution verticale que celle des dérives de Stokes.

Le couplage SEAMER-CORMIX repose quant à lui davantage sur l'expertise de l'opérateur (moindre degré d'automatisation). La procédure est décrite dans [6].

### 3.3 EMPRISES D'APPROCHE ET D'ÉTUDE

A la différence d'une approche par grille non structurées (éléments ou volumes finis), le système de calcul utilisé dans cette étude repose sur une cascade de simulations « emboîtées » en différences finies (technique dite des « modèles-gigognes »). Cette solution a été choisie car l'apport des éléments finis, indéniable en matière portuaire, est à relativiser dans l'environnement naturel, en particulier lorsque les bancs découvrants empêchent l'identification d'une frontière latérale immobile. En contrepartie les grilles structurées permettent des implémentations plus rapides pour un même nombre de nœud, et la simplicité des structures de donnée facilitent la compilation des MNT (§3.3) ainsi que l'automatisation des flux entre modèles développés de façon indépendante (ici SEAMER et SWAN).

Le tableau ci-dessous donne notamment la résolution spatiale des divers « rangs » (i.e. niveau d'emboîtement) et la Figure 3-2 les situe géographiquement.

L'impact du rejet sera étudié avec les rangs 4 (résolution uniforme de 50 m couvrant le secteur des passes du bassin d'Arcachon) et 5 (résolution uniforme de 10 m sur la plage de La Salie). Dans ce dernier cas le rang 4 sera bien sûr utilisé en tant que modèle d'approche (en 2DH). La méthodologie d'exploitation conjointe des rangs 4 et 5 est présentée en Annexe (cf. 2.1).

Tableau 3-1. Les 6 rangs de l'emboîtement SEAMER

Rang	Latitude		Longitude		Taille de la grille		Résolution	
	min.	max.	min.	max.	imax	jmax	horizontale (m)	verticale (2DH/3D)
0	43,00000	50,98766	-12,00000	1,88450	177	149	6000	2DH
1	43,80956	46,88589	-3,00662	1,01672	109	119	2920	2DH
2	44,22669	45,13916	-1,62825	-0,88319	73	121	820	2DH
3	44,32554	44,78089	-1,49373	-0,98694	184	231	220	2DH
4	44,42849	44,64806	-1,30818	-1,19242	185	489	50,0	3D
5	44,50088	44,54058	-1,27583	-1,24864	217	442	10,0	3D

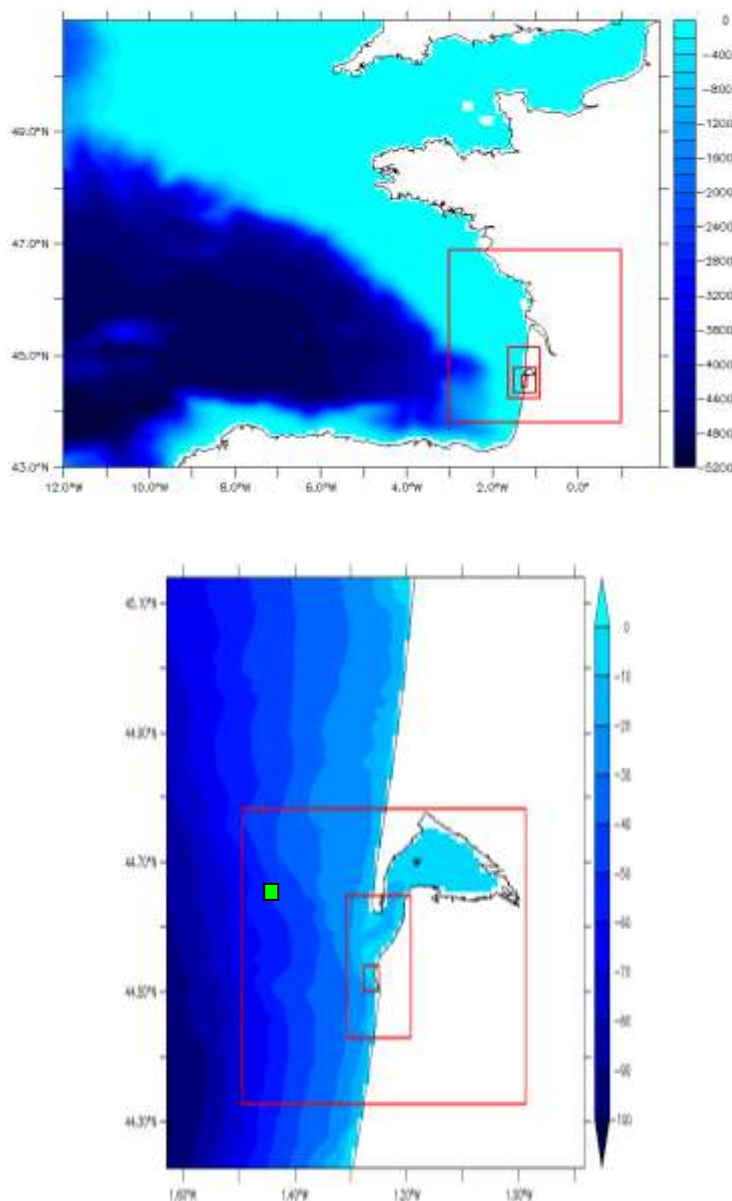


Figure 3-2. Emprise des rangs 1 à 4 dans celle du rang 1 (fond de carte: MNT #0) ; emprise des rangs 3 à 5 dans celle du rang 2 (fond de carte : MNT #2).

### 3.4 MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN (MNT) DES CONFIGURATIONS D'ÉTUDE

Nous abordons maintenant l'épineuse question de la compilation de MNT pour les emprises d'étude. Au delà des particularités de la technique numérique employée (différences finies, emboîtement, etc.), il s'agit sans doute d'une des principales sources d'incertitude dans cette étude. La raison en est que le secteur est très actif au niveau hydrosédimentaire [2][3] : des campagnes bathymétriques séparées de quelques années risquent d'être incompatibles (position et amplitude des chenaux, des îlots, etc.).

La compilation des MNT de rangs 4 et 5 a donc nécessité un processus itératif, en lien avec le SIBA. La compilation (krigeage) du jeu de sondes finalement retenu a été réalisée avec l'application graphique BMGTools ; le résultat est donné à la Figure 3-3.

Cette Figure montre aussi la position du wharf et des mouillages GEO-Transfert (§4.2 et §4.3), à savoir, du nord au sud :

- mouillage ADCP (dans le chenal sud) ;
- mesure ADV1 (nord du wharf) ;
- mesure ADV2.

Le MNT du rang 4 a été construit par une compilation de jeux de sondes issus de levés d'années différentes. Un algorithme de classement des sondes a été utilisé, afin de sélectionner pour chaque point de grille le jeu de sondes le plus récent. Les sondes les plus récentes se voient attribuer un indice de qualité supérieur aux sondes les plus anciennes.

La liste des levés fournis par le SIBA et utilisés pour la construction du MNT du rang 4 est la suivante :

- passe\_nord\_17\_mars\_2014\_wgs84.xyz
- passe\_sud\_16\_avril\_2014\_wgs84.xyz
- arguin\_28\_mai\_2014\_wgs84.xyz
- wharf\_27\_mai\_2014\_wgs84.xyz
- wharf\_11\_avril\_2014\_wgs84.xyz
- petit\_nice\_mars\_2013\_wgs84.xyz
- raccordement\_29112013\_wgs84.xyz
- raccordement\_wharf\_arguin\_28112013\_wgs84.xyz
- assemblage\_passe\_nord\_oct\_nov\_2013\_wgs84.xyz
- fosse\_cap\_ferret\_022013\_wgs84.xyz

Un dernier jeu de sondes issu de la base de données d'Actimar a été utilisé pour compléter et couvrir l'ensemble de la grille du rang 4.

Le MNT du rang 5 a lui été construit uniquement avec un jeu de sondes issus de levés réalisés en 2014. En effet, la couverture spatiale des levés était suffisante pour construire ce modèle bathymétrique. Les jeux de sondes utilisés sont les suivants :

- passe\_sud\_16\_avril\_2014\_wgs84.xyz
- wharf\_11\_avril\_2014\_wgs84.xyz
- wharf\_27\_mai\_2014\_wgs84.xyz

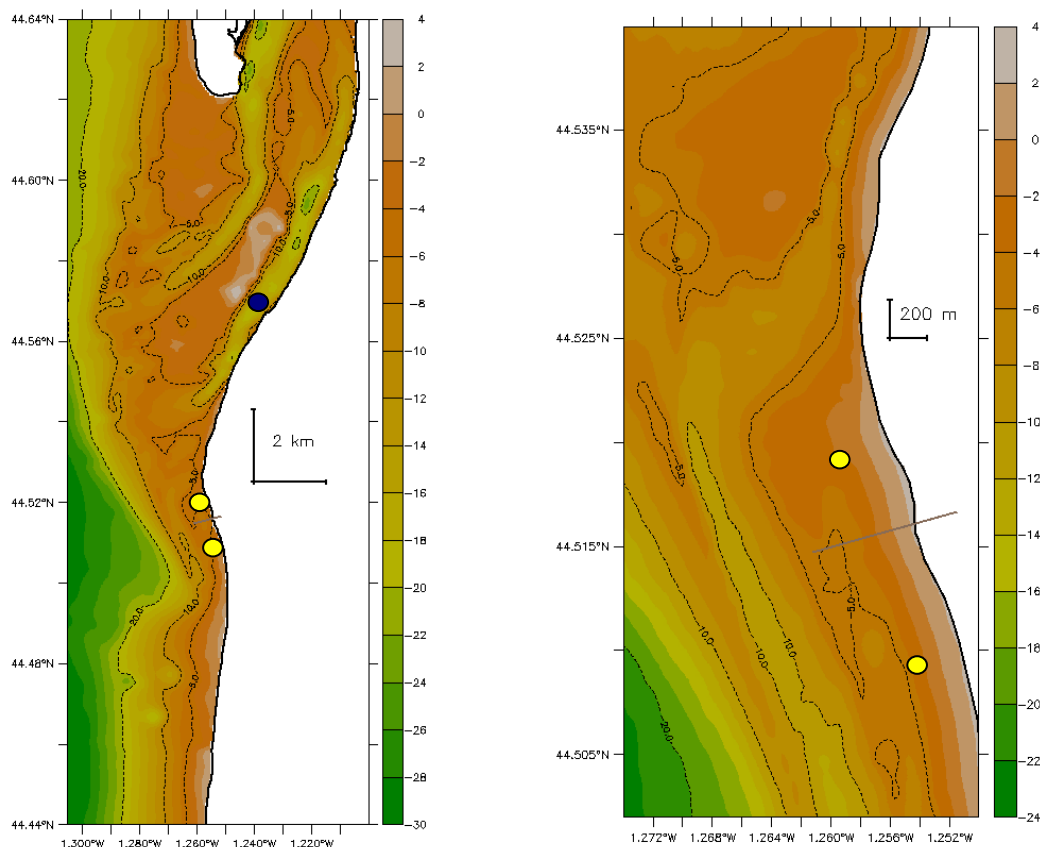


Figure 3-3. MNT des rangs 4 (gauche) et 5 (droite). Le point bleu localise la position des mesures ADCP, les points jaunes celles de la mesure ADV.

### 3.5 FORÇAGES

Le Tableau 3-2 liste les produits opérationnels utilisés pour (i) la validation et (ii) la définition des scénarios météo-océaniques :

Tableau 3-2. Les forçages (ou Conditions aux Limites) appliqués à SEAMER/SWAN

Forçage	Nom du produit	Résolution spatiale	Résolution temporelle	Application au(x) rang(s) ...	Utilisé pour définir les clusters
marée	FES2012	1/16 °	32 ondes	#0 (transmission aux suivants via les CL Seamer)	Non
vent	CFSR	0,5 °	3 heures	#1 à #5	Oui
houle	CANDHIS (bouée 03302 - Cap Ferret)	-	30 minutes	#3 (transmission aux suivants via les CL Swan)	Oui

Il est à noter que les mêmes forçages seront utilisés en phase d'exploitation : en effet la validation d'un système de modélisation implique aussi celle des forçages utilisés.

Pour la définition des clusters, les données de vent proviennent du Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) du Global Forecasting System (GFS), qui sont des

prévisions corrigées a posteriori par assimilation de données d'observations. Pour la validation qui couvre une période récente (mai 2014), les résultats CFSR n'étant pas encore disponibles, ce sont donc les analyses (et non les réanalyses) du modèle opérationnel GFS qui ont été utilisées.

## 4 VALIDATION

### 4.1 PRÉSENTATION QUALITATIVE DE LA COURANTOLOGIE

Les figures de cette section sont issues des résultats hydrodynamiques utilisés pour la validation du modèle, mais ici on s'attachera seulement à présenter qualitativement le contexte hydrodynamique de la zone d'étude. Elles sont présentées dans le document annexé à ce rapport (paragraphe 1.1). Il s'agit d'abord de vérifier que le système de modélisation passe un premier test qualitatif, à savoir l'interprétation physique de ses résultats. La connaissance du contexte courantologique permettra aussi de mieux interpréter les résultats de la validation quantitative qui suivra (§4.3 de ce rapport).

#### 4.1.1 STRUCTURE SPATIALE DES COURANTS DE MARÉE

La figure 1-1 (en annexe) montre le courant barotrope (courant horizontal moyenné sur la verticale) obtenu à différentes heures-marée le 27 avril 2014. Cette journée a été choisie car elle correspond à un pic de houle (cf. plus bas, §4.2.1), même si pour l'instant seul le forçage de marée est activé.

L'enseignement le plus important est sans doute que les courants de marée décroissent très vite hors des passes extérieures du Bassin d'Arcachon, et sont relativement faibles aux alentours du wharf.

#### 4.1.2 RÉFRACTION/DÉFERLEMENT DE LA HOULE

La Figure 1-2 (en annexe) montre les résultats donnés par SWAN ; rappelons que la houle au large est appliquée en conditions aux limites du rang 3 (nous nous situons ici au rang 4) et que SWAN prend en compte les niveaux et courants de marée calculés par SEAMER.

La structure de la houle est assez uniforme par grands fonds, et caractérisée par des valeurs très élevées (événement du 27 avril : cf. plus bas, §4.2.1). La marée haute permet aux vagues de moins déferler aux brisants des bancs du Toulinguet et du Chien, et donc de pénétrer davantage dans les passes (voir Figure 1-2). Même alors, une zone de calme subsiste à l'abri du banc d'Arguin, un point sur lequel nous aurons l'occasion de revenir.

#### 4.1.3 TENSIONS DE RADIATION

La Figure 1-3 (des annexes) montre la réponse de SEAMER au forçage combiné (marée + tensions de radiation), ces dernières étant dérivées par SWAN du champ de hauteur significative. La Figure 1-3 des annexes est directement comparable (toutes choses étant égales par ailleurs) à la Figure 1-1 (des annexes) ce qui montre que la dérive littorale peut :

- s'avérer très significative en cas de forçage important, avec presque 1 m/s au droit du wharf (alors que les courants de marée y sont quasi-inexistants, cf. Figure 1-1) ;
- interagir (dans les passes) avec les courants de marée (dans les passes), produisant des variations à petite échelle du courant ;
- développer des instabilités intrinsèques le long du littoral (sud du Wharf), qui contrarient localement la direction généralement nord-sud du courant.

### 4.1.4 CIRCULATION DUE AU VENT

Le vent est celui des 3 forçages (marée, houle, vent) qui génère les courants les moins importants, mais aussi les plus tri-dimensionnels. L'analyse de la circulation forcée par le vent est donc l'occasion de commenter le caractère 3D de la solution numérique : en effet jusqu'ici seuls des champs 2DH (courant barotrope, hauteur significative) ont été présentés. Cependant, la circulation globale reste dominée par les courants de marée et les cellules liées à la dérive littorale, et pour mettre en évidence la contribution du vent il faut calculer des cartes de différence entre les résultats obtenus avec et sans vent. Malheureusement les structures résultant de cette analyse s'avèrent très complexes (résultats non montrés dans ce rapport), du fait des interactions entre la circulation forcée par le vent, les courants de marée et la dérive littorale (la Figure 1-3, qui assemble les deux derniers effets, est déjà passablement complexe). C'est pourquoi on commentera ici la circulation obtenue avec le seul forçage de vent ; il s'agit bien sûr d'une expérience purement numérique.

N.B. Mis à part la circulation du vent pour laquelle son apport est indéniable, le caractère 3D des simulations sera aussi particulièrement important dans le « champ intermédiaire ». Rappelons enfin que les tensions de radiation issues de SWAN sont dotées d'un profil vertical (dérive de Stokes, intensification en surface) par la version 3D de SEAMER.

La Figure 1-4 (en annexe) cartographie ainsi l'intensité de la circulation de surface, à laquelle correspondent les contours ainsi que les flèches bleues ; la circulation près du fond est quant à elle indiquée par les vecteurs noirs. La période est la même que pour les autres figures analogues, avec des vents de force 6 (cf. plus bas, §4.2.1), mais le vecteur de référence et la table des couleurs ont été adaptées aux courants plus faibles de cette simulation où seul le forçage du vent a été pris en compte.

On constate que même si le vent souffle de l'ouest pendant la période concernée, l'orientation des isobathes se traduit par une dérive alongshore assez marquée, qui se trouve être dirigée vers le sud le 27 avril 2014.

Le cisaillement vertical de courant horizontal est bien visible, en particulier à proximité des plages où la circulation dans le plan vertical (onshore en surface, offshore au fond) peut s'avérer déterminante en matière de qualité des eaux, mêmes si les courants associés sont faibles.



## 4.2 EXAMEN DES MESURES

### 4.2.1 PÉRIODE DE MESURE

La Figure 4-1 montre l'évolution (i) du coefficient de marée, (ii) de la norme du vent à 10 m d'altitude (produit GFS, cf. Tableau 3-2) et (iii) de la hauteur significative de la houle au large (bouée CANDHIS, Tableau 3-2).

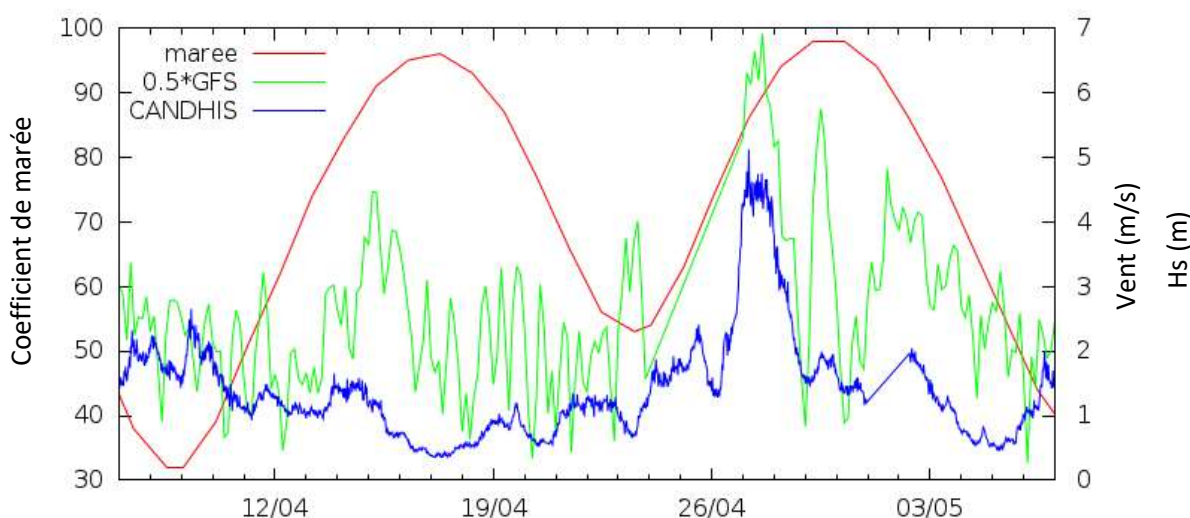


Figure 4-1. Conditions météo-océaniques pendant les mesures GEO-Transfert

Les mesures couvrent deux cycles de marée avec notamment deux vives-eaux moyenne (coef. 96 le 16-17 avril) voire « plus que moyenne » (coef. 98-99 le 29-30 avril).

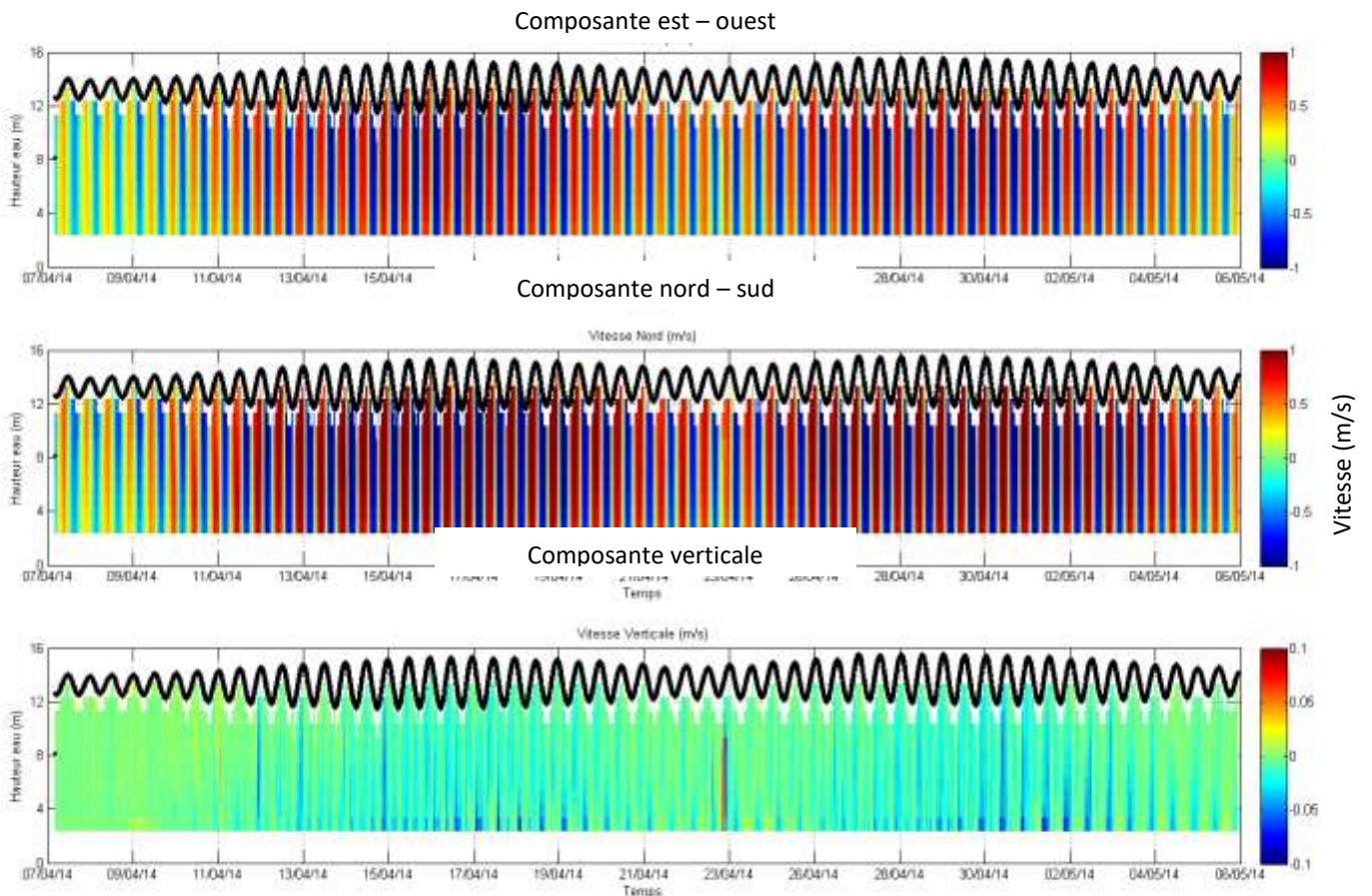
Un événement de houle très notable ( $H_s > 4$  m) se produit le 27 avril ; il est accompagné d'un vent de force 6 ( $\sim 12$  m/s) qui s'avère souffler de l'ouest.

N.B. La Figure 4-1 trace les données GFS au point le plus proche de la zone d'étude, mais on rappelle que ce produit contient des champs de vent à 10 m (composantes est et nord) ainsi que la pression atmosphérique au niveau de la mer, qui sont intégralement pris en compte par SEAMER.

### 4.2.2 ADCP

Le mouillage ADCP posé par GEO-Transfert est localisé à la Figure 3-3 : il se trouve dans le chenal sud des passes d'entrée au Bassin d'Arcachon.

A cet endroit les courants sont dominés par la marée, comme en témoigne la Figure 4-2 extraite de [7]. On constate notamment que les courants sont quasi-2D, i.e. faiblement dépendants de l'immersion (couche-limite du frottement sur le fond).



**Figure 4-2. Mesures du courant par ADCP. La courbe noire représente la vitesse de la composante du courant en surface, les plages de couleur la vitesse du courant aux différentes profondeurs.**

L'ADCP a aussi été paramétré pour réaliser des mesures d'agitation. Une distinction houle/mer du vent est proposée, mais la période et la direction de ces classes de vagues paraît erratique. La Figure 4-3 trace la hauteur significative mesurée par l'ADCP (sans distinction houle/mer du vent) en regard de la houle du large (bouée CANDHIS, localisée au bas de la Figure 3-2).

Force est de constater que l'ADCP n'a quasiment rien mesuré en termes d'agitation, y compris pendant l'épisode de forte houle du 27 avril. Ceci est sans doute imputable au fait que l'ADCP a été posé juste derrière le banc d'Arguin, et qu'il était donc complètement à l'abri des vagues venant du large. Même le vent local, dont l'effet peut être amplifié par les (forts) courants de marée, n'a pas semblé être en mesure de lever une mer significative : en effet les mesures se limitent à des HS d'environ 10 cm.

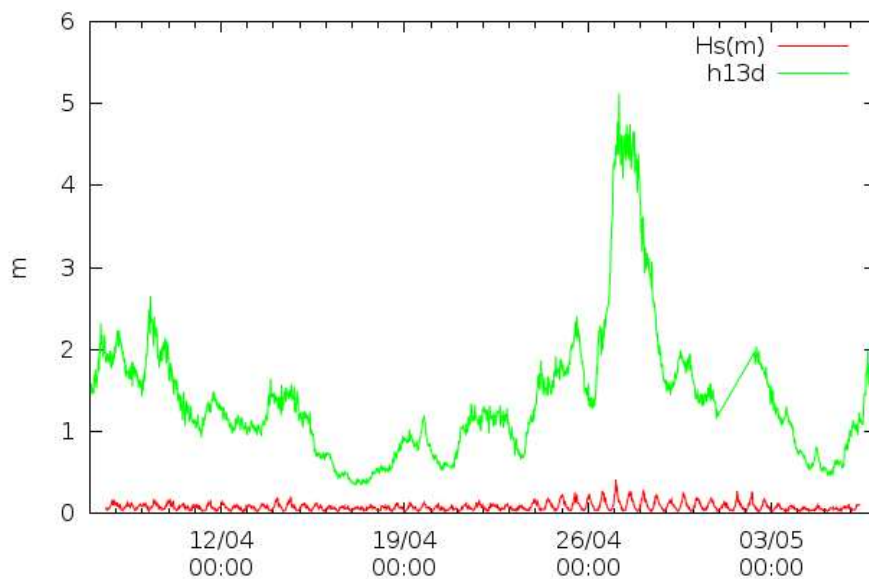
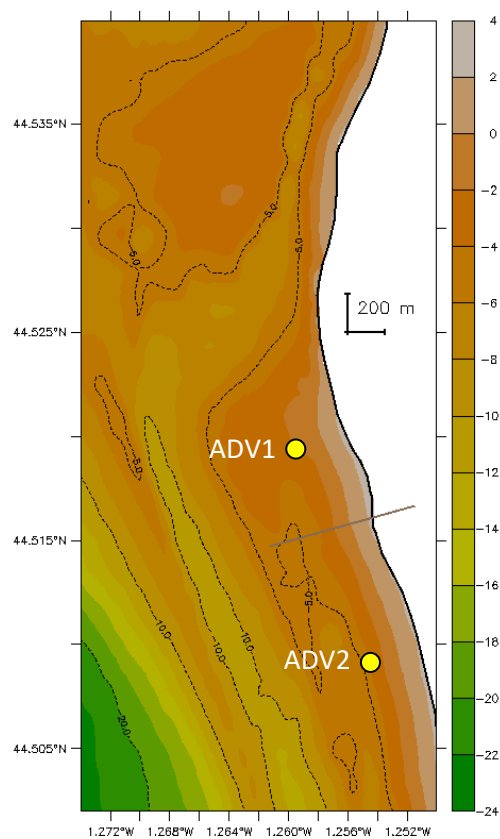


Figure 4-3. Houle mesurée par la bouée CANDHIS « Cap Ferret » (vert) et par l'ADCP (rouge).

### 4.2.3 ADV

GEO-Transfert a aussi réalisé des mesures courtes (une marée, deux fois) en deux points situés au voisinage de l'émissaire (voir ci-après).



**Figure 4-4. Localisation des mesures ADV.**

L'instrument a été posé à environ 1 m du fond, près de la laisse de basse mer (coefficient de marée proche de 95). Les mesures sont présentées dans leur intégralité à la Figure 4-5 et à la Figure 4-6 car leur discussion est délicate.

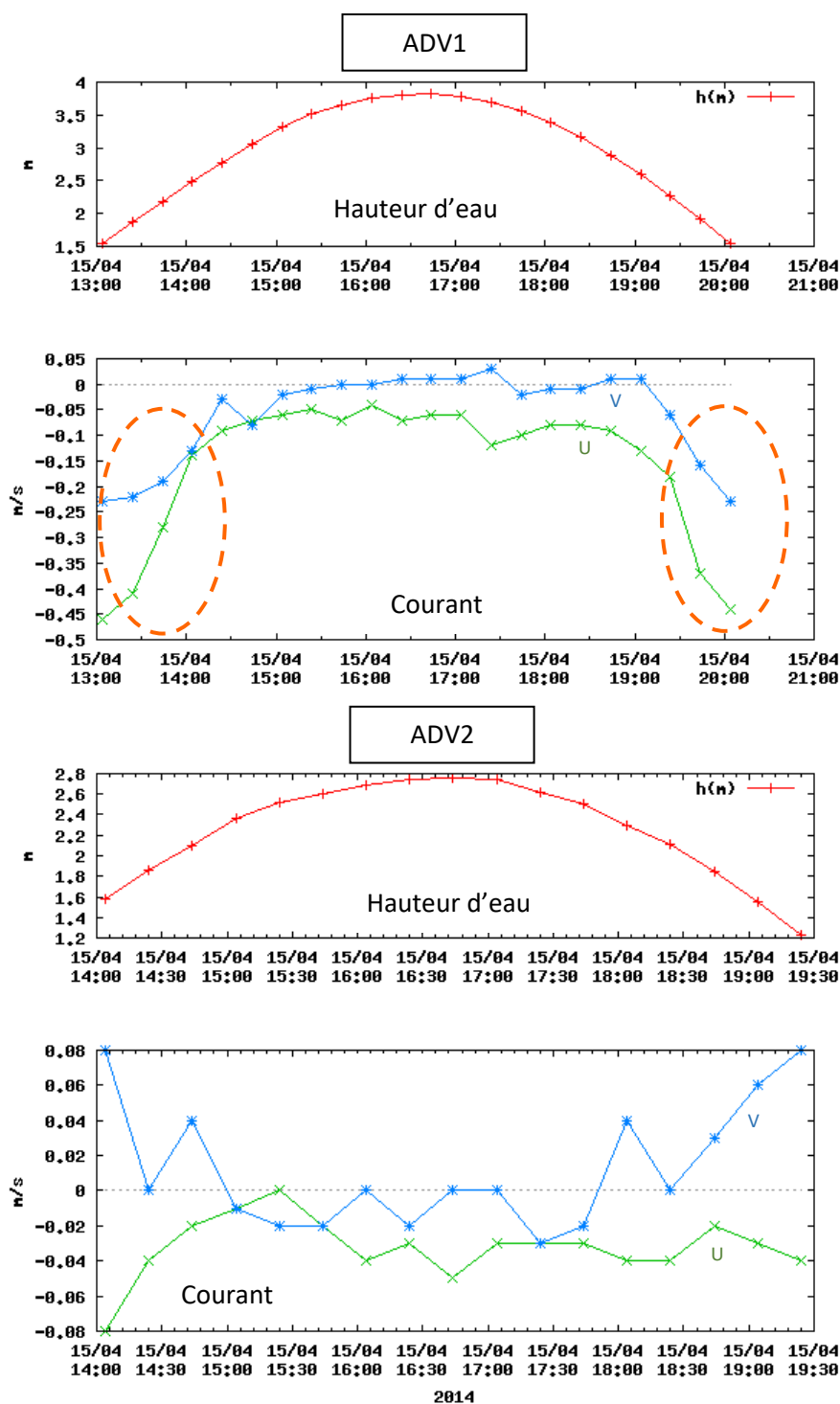


Figure 4-5. Résultats des mesures ADV1 et ADV2 pendant la première marée. Le courant est représenté par ses deux composantes horizontales, U pour les mouvements qui s'effectuent selon l'axe est-ouest, V pour les mouvements dans l'axe nord-sud, la composante U est positive vers l'est et la composante V vers le nord. A titre d'exemple lorsque U est négatif et V est positif, le courant porte au nord-ouest.

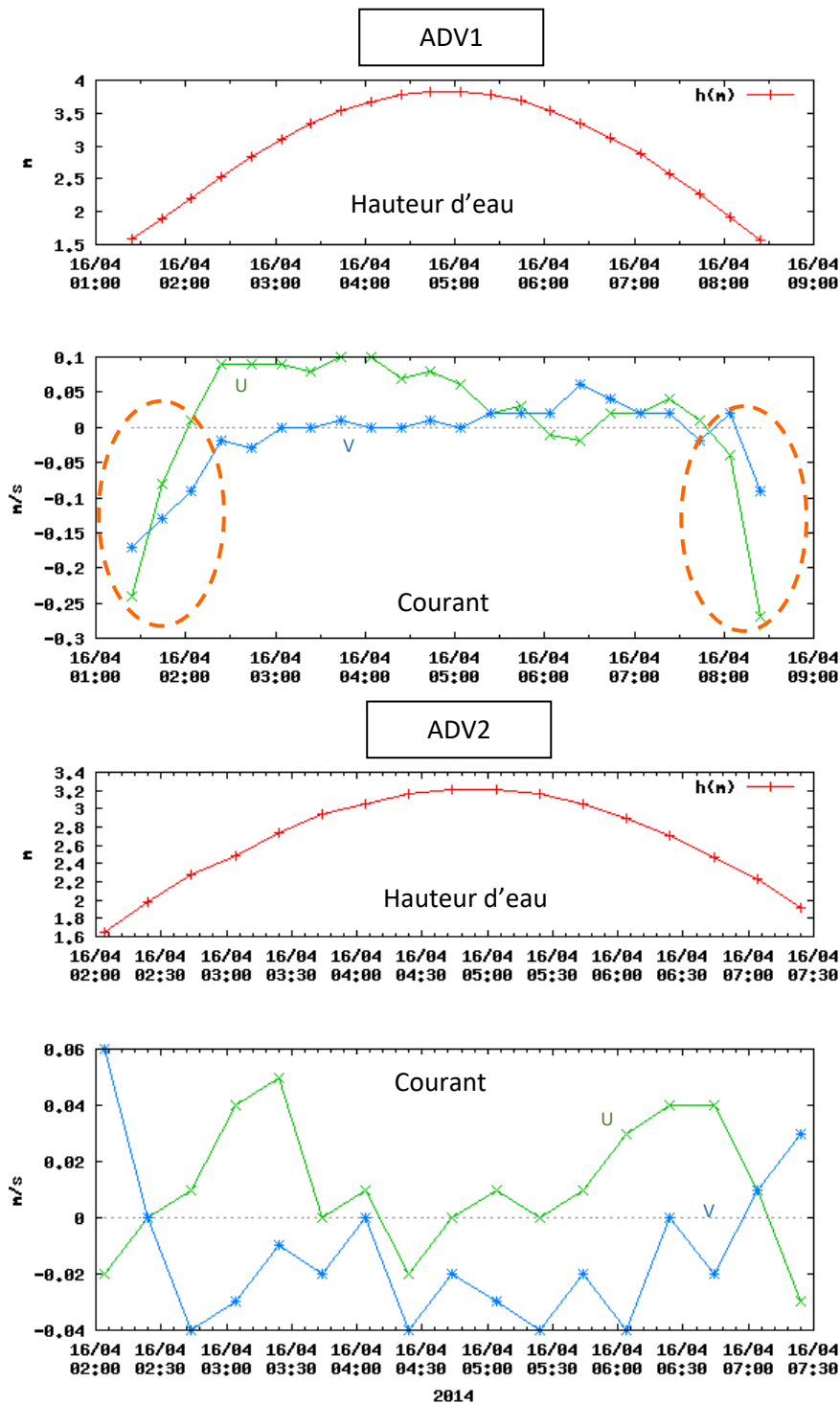
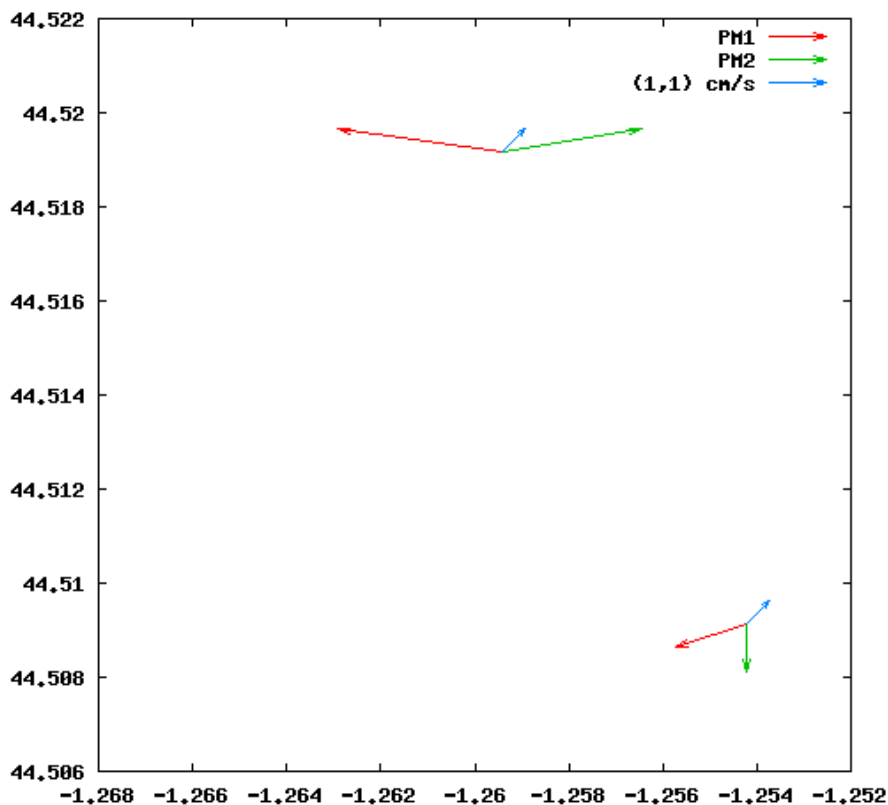


Figure 4-6. Résultats des mesures ADV1 (haut) et ADV2 pendant la seconde marée. Le courant est représenté par ses deux composantes horizontales, U pour les mouvements qui s'effectuent selon l'axe est-ouest, V pour les mouvements selon l'axe nord-sud, la composante U est positive vers l'est et la composante V vers le nord. A titre d'exemple lorsque U est négatif et V est positif, le courant porte au nord-ouest.

Nous avons premièrement porté notre attention sur les courants autour de la pleine mer représenté généralement par une phase de plateau des courants (voir Figure 4-5 et Figure 4-6). La moyenne de ces courants (autour des deux pleines mers), est représenté à la Figure 4-7. Force est de constater que les courants :

- sont très faibles (quelques centimètres par seconde) ;
- sont décorrélés entre les 2 points de mesure.

Il paraît alors très probable que les courants mesurés par les ADV soient en fait très dépendants des particularités de remplissage/vidange des barres/bâines telles qu'elles se présentaient au jour des mesures. Il n'est malheureusement pas possible de garantir que le MNT employé pour cette étude représente de manière suffisamment précise la zone intertidale (résolution du jeu de sondes, etc.) et que par conséquent le modèle soit capable de produire ce type de courant. D'autre part, même lorsque la bathymétrie n'est pas source d'incertitude, l'expérience diversifiée accumulée par Safege et Actimar au cours des années (avec différents modèles) permet d'estimer la précision des modèles numériques de circulation côtière à environ 1 cm/s (au mieux). Enfin, la composante la plus énergétique (ADV 1) est plutôt cross-shore (est-ouest), donc liée à des mouvements d'eau en sens contraire : la confrontation du modèle à ce type de mesure introduirait donc aussi la variabilité verticale des courants tout près du fond, ce qui est notoirement difficile à modéliser en milieu fortement turbulent (agitation des vagues). Ainsi le « plateau courantologique » à pleine mer ne sera pas exploité car il paraît être le reflet de processus que le modèle n'est pas en capacité de reproduire.



**Figure 4-7. Synthèse des mesures ADV au voisinage de la pleine mer (en bleu le vecteur référence 1 cm/s, en rouge la première pleine mer, en vert la deuxième).**

Revenons maintenant aux Figure 4-5 et Figure 4-6 et intéressons-nous maintenant aux extrémités des séries temporelles acquises par l'ADV1 : il s'agit des courants entourés par une ellipse en tirets oranges sur les figures. Ces courants sont relativement forts, mais transitoires (durée : environ une heure), et ne sont pas signalés par l'ADV2 ; d'après GEO-Transfert (communication personnelle), ces courants seraient dus au positionnement de l'ADV1 en sortie de baie, et à l'alimentation transitoire de cette baie par déferlement des vagues à l'amont (au nord). Cette hypothèse explique bien en effet le caractère transitoire de ces courants (disparaissant quand la baie est plus largement inondée) et aussi le fait qu'il ne soit pas signalés par l'ADV2 (processus très local, dépendant de la présence d'une baie et du positionnement de l'ADV à l'intérieure de celle-ci).

N.B. Il ne s'agit alors pas de la « dérive littorale » (courant puissant, plus persistant et mieux corrélés spatialement) mais bien d'une recirculation transitoire, à l'échelle de la baie.

Les baies étant par nature très morphodynamiques (évoluant à l'échelle de quelques jours), il paraît difficile de garantir que les MNT employés, même si la procédure d'interpolation était parfaite, représente la baie et ses caractéristiques morphologiques du jour des mesures. La reproduction par le modèle des courants indiqués par des ellipses sur les Figure 4-5 et Figure 4-6 s'avère donc elle aussi une tâche ardue. Signalons cependant qu'en raison de son caractère très locale, cette difficulté voire cette impossibilité, ne remet pas en cause l'utilisation d'un



modèle qui a plus vocation à reproduire les courants à l'échelle du bassin et du littoral. Le regret que nous pouvons cependant exprimé ici et de n'avoir pas pu capter des données sur la dérive littorale.

## 4.3 CONFRONTATION MODÈLE/MESURES

### 4.3.1 HAUTEUR D'EAU

La Figure 4-8 compare l'excursion de la surface libre donnée par le modèle au site de l'ADCP, à la valeur mesurée par l'ADCP lui-même (pas besoin de recours aux prédictions SHOM du port le plus proche).

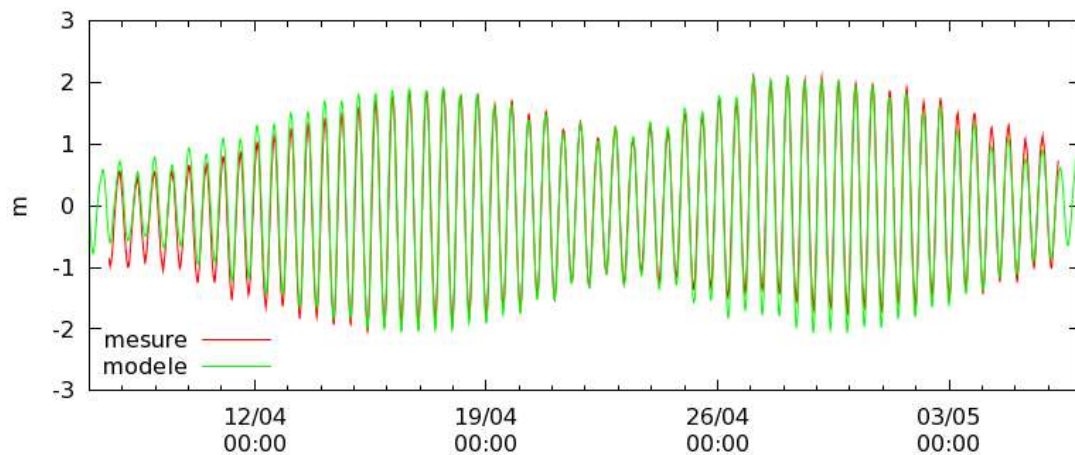


Figure 4-8. Validation en hauteur d'eau - vue globale.

L'accord est jugé très satisfaisant, le signal simulé s'accorde sur l'amplitude et la phase des marées à l'échelle du cycle vive-eau/morte eau. Le modèle montre cependant une légère tendance à surestimer le marnage, ce qui sera sans effets sur la précision du modèle compte tenu de la contribution très minoritaire de la marée et de surcroît en morte eau, dans le déplacement des masses d'eau sur cette frange littorale (cf. 4.1.3).

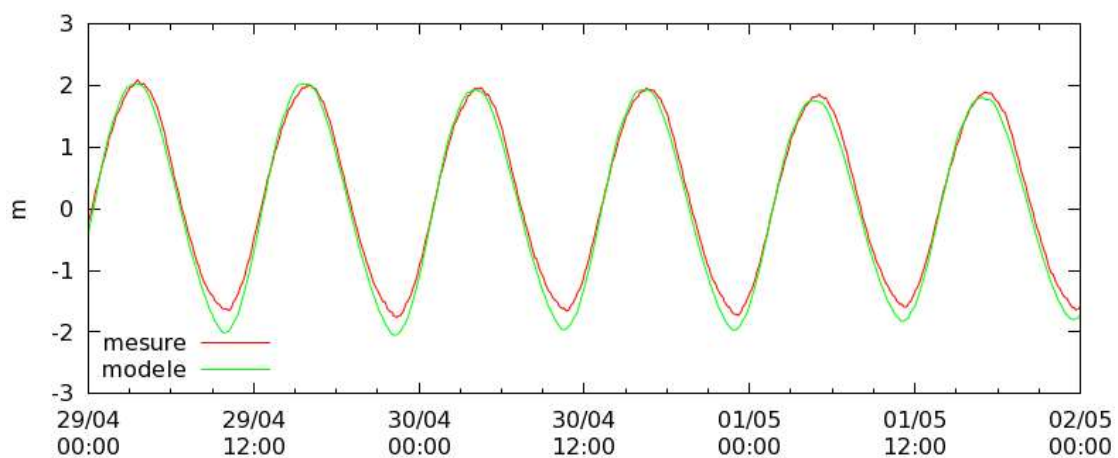


Figure 4-9. Validation en hauteur d'eau - zoom sur la 2ème vive-eau.

D'autre part les mesures montrent une surcote (quelques centimètres) pendant la 2ème vive-eau (Figure 4-9) qui n'est pas reproduite par le modèle malgré la prise en compte des forçages de vent et de houle. Une légère dérive du capteur de pression (ou un léger enfoncement du tripode portant l'ADCP) n'est peut-être pas à exclure. La Figure 4-9 (zoom temporel) confirme cependant le bon comportement du modèle, avec une précision de 5-10% sur le marnage et une phase totalement synchrone avec les observations.

### 4.3.2 COURANT

La Figure 4-10 est analogue à la Figure 4-8, sauf que l'on regarde ici les composantes est (u) et nord (v) du courant barotrope (moyenné sur la verticale). Encore une fois la phase est bien reproduite (marées individuelles et cycle vive-eau/morte-eau) de même que l'amplitude comme en témoigne la Figure 4-11 (zoom temporel).

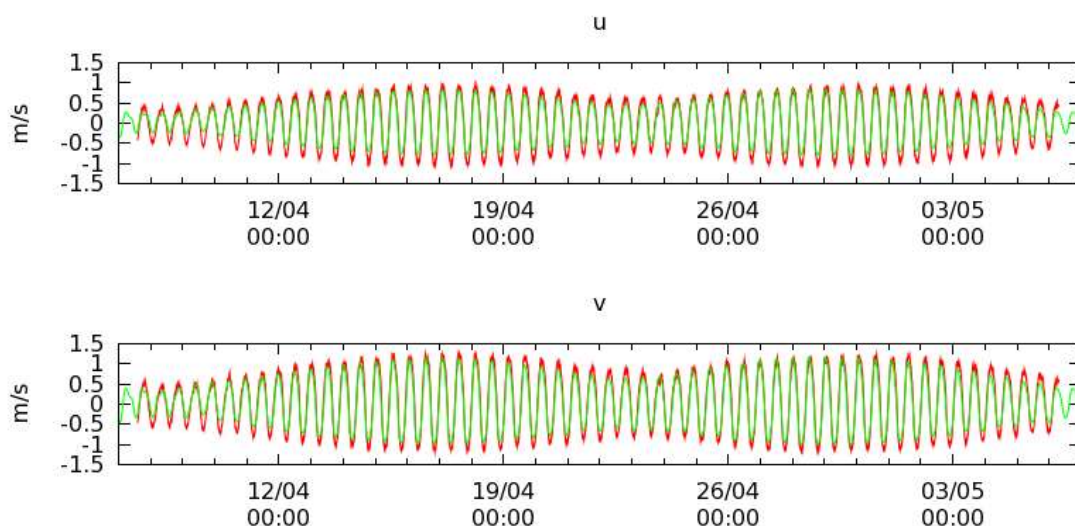
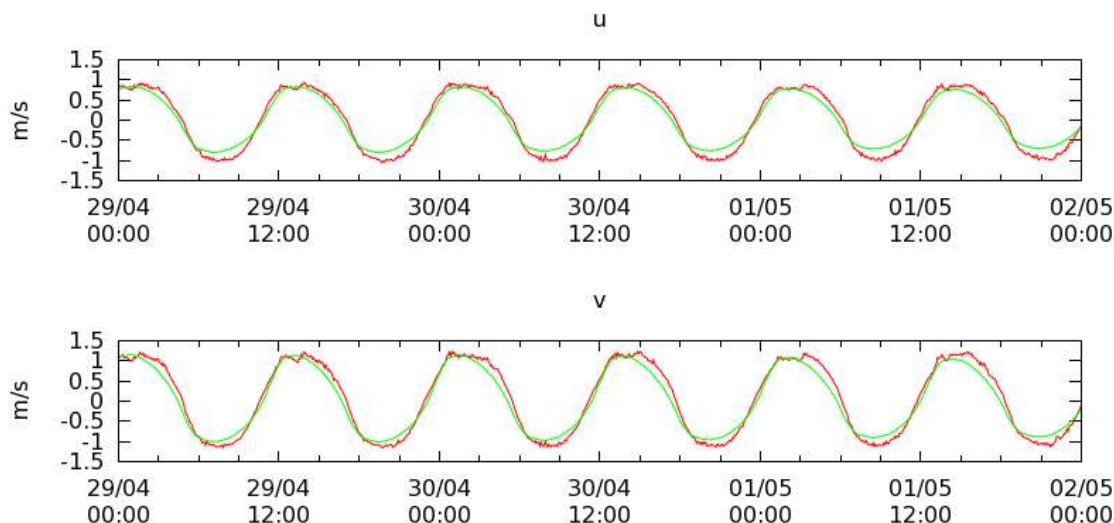


Figure 4-10. Validation en courant (composantes u et v) : vue globale.



**Figure 4-11. Validation en courant (composantes u et v) : zoom sur la 2ème vive-eau.**

Il faut signaler ici que la hauteur d'eau moyenne, qui a été retranchée du signal de pression pour produire les Figure 4-8 et Figure 4-9, s'établit à environ 13,5 m dans les enregistrements ADCP. Or la profondeur d'eau moyenne vaut 17,5 m dans le MNT utilisé (au même endroit). Cela illustre le possible décalage entre la bathymétrie du modèle et celle mesurée en un point, qui tient à la précision spatiale du modèle et à la difficulté d'obtenir une bathymétrie à jour dans ces secteurs très dynamiques. Compte-tenu de ces incertitudes, indépendantes du modèle courantologique employé, l'accord illustré par la Figure 4-11 s'avère très satisfaisant.

### 4.3.3 VAGUES

La Figure 4-12 est directement comparable à la Figure 4-3 : on voit que le mouillage se situe « dans l'ombre » du banc d'Arguin pour le modèle aussi.

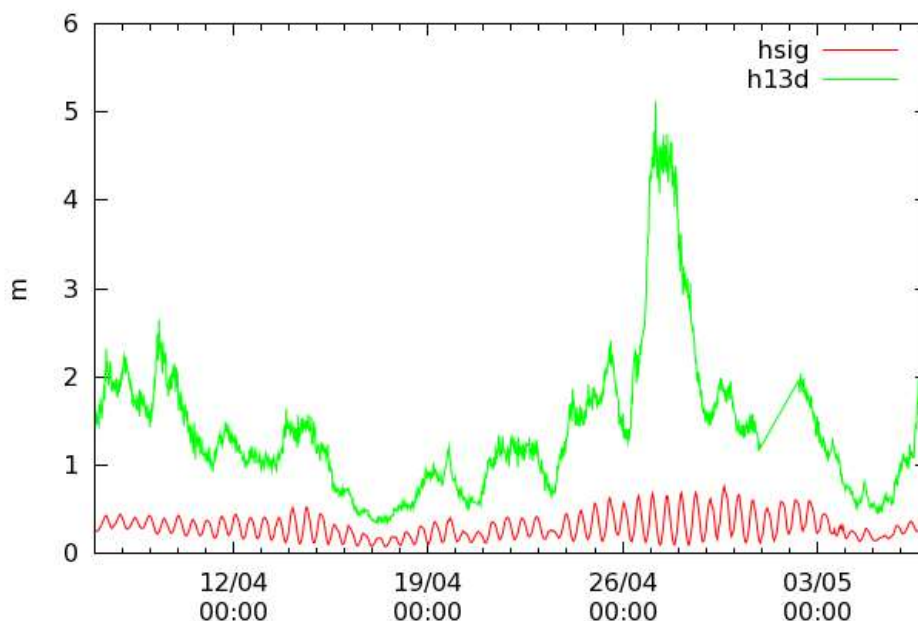


Figure 4-12. Houle forcée au rang 3 par la bouée CANDHIS « Cap Ferret » (vert) et calculée au site ADCP (rouge).

### 4.3.4 MESURES ADV

Comme attendu, la confrontation aux mesures ADV (voir Figure 4-13) s'avère délicate. La caractéristique la plus notable des mesures (courants transitoires à l'ADV1, i.e. ellipses de la Figure 4-5) n'est pas reproduite, sans doute à cause de l'impossibilité de disposer d'un MNT contenant la baie telle qu'elle se présentait le jour des mesures. Cependant le processus mal représenté est aussi très localisé, ce qui ne nuit pas significativement à la portée de l'étude numérique qui est en capacité de représenter les processus qui vont régler la dispersion des rejets à l'échelle de la zone d'intérêt (marée, effet du vent, dérive littorale).

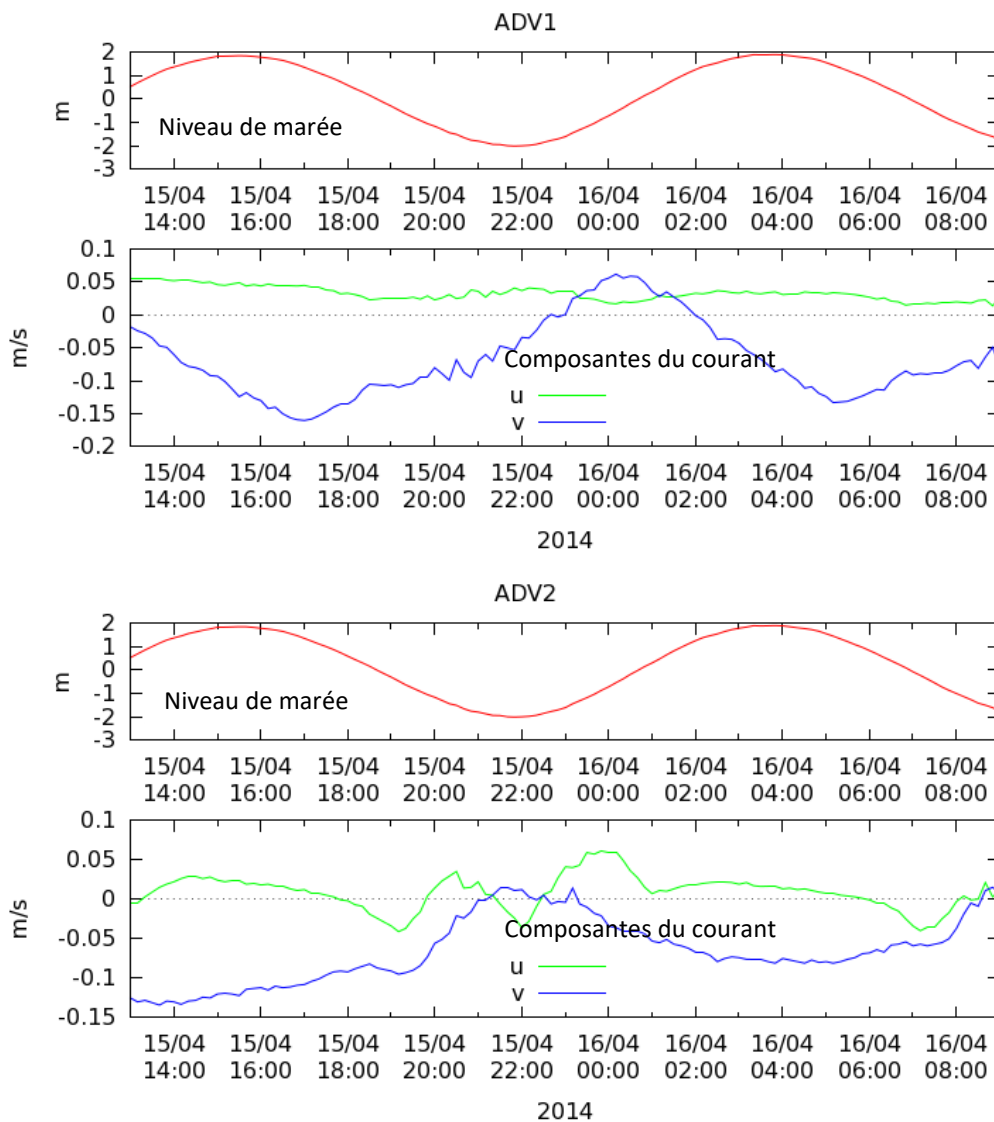


Figure 4-13. Courants modélisés pendant les mesures ADV1 (haut) ADV2 (bas).

On peut cependant noter que l'ordre de grandeur des courants est correct (ils sont souvent inférieurs à 5 cm/s) et qu'ils sont décorrélés spatialement (entre les points ADV1 et ADV2), ce qui est réaliste aussi.

## 4.4 CONCLUSION

Le modèle hydrodynamique mis en place sur la zone d'étude permet de tenir compte des principaux processus impliqués dans le déplacement des masses d'eau le long des côtes de La Salie, par les effets combinés de la marée, du vent et de l'agitation. On montre ainsi que le courant devant les côtes du wharf est très sensible à l'agitation qui provoque un courant littoral globalement dirigé vers le sud, cependant modulé localement par la bathymétrie. L'influence de la marée est faible dans le secteur du wharf mais s'accroît à mesure qu'on se rapproche des passes et

du banc d'Arguin. On note enfin que le vent est susceptible de provoquer des cisaillements verticaux du courant sur l'ensemble de la zone d'étude.

La confrontation des niveaux d'eau calculés par le modèle avec ceux mesurés in situ montre l'aptitude du modèle à reproduire fidèlement la phase et l'amplitude de la marée de même que la variation de cette phase et de cette amplitude en fonction des coefficients de marée. Les courants calculés par le modèle dans une zone où la marée est le facteur dominant, sont également en accord avec les observations qu'il s'agisse de l'intensité ou de la direction des courants à l'échelle de la marée et du cycle morte eau – vive eau. Les mesures de courant effectuées sur les côtes du Wharf n'ont pas été réalisées dans des conditions permettant de réellement vérifier le courant impulsé par les houles. On précise cependant que la formulation liant l'agitation au courant ne présente pas ou peu de possibilités de calibration et que la précision du modèle à ce niveau dépend surtout de celles des données extérieures (houle incidente, bathymétrie) pour lesquelles un soin particulier a été apporté dans cette étude.

## 5 ETUDE DE DISPERSION

### 5.1 SCENARIOS D'ETUDE

#### 5.1.1 SCENARIOS METEO-OCEANIQUES

La détermination des scénarios météo-océaniques se base sur une combinaison des conditions de marée, houle et vent caractéristiques du site d'étude. Pour la marée, il a été choisi dans cette étude de simuler une situation réaliste sur un cycle vives-eaux/mortes-eaux (~15 jours). Pour les combinaisons Houle/Vent, qui sont (assez) décorréliées de la marée, c'est la méthode d'analyse en « cluster » qui a été retenue.

##### **5.1.1.1 PRESENTATION DE LA METHODE D'ANALYSE EN « CLUSTERS »**

La méthode du clustering (dit K-means) permet de classer les données par « affinité » en un certain nombre de groupes (K), pour lesquels on calcule une probabilité d'occurrence. Chaque groupe est caractérisé par son centroïde (ou régime de référence) et les observations sont classées en fonction de l'écart quadratique (distorsion ou dissemblance) à ce centroïde (ou à ce régime de référence). Cette méthode a été ici appliquée pour établir des régimes caractéristiques (ou cluster) couplant vent et houle à partir de séries d'observations.

Le processus de détermination des groupes (ou régimes) est un processus itératif qui procède de la manière suivante :

- Un nombre de clusters (K) ou régime est prédéfini ;
- Une première estimation des centroïdes (position moyenne) associé à chaque cluster est réalisée (par exemple de manière aléatoire) ;
- Chaque donnée d'observation est attribuée au cluster le plus proche ;
- Le centroïde des K clusters est recalculé comme la moyenne des données de chaque groupe ;
- Le processus itératif se poursuit jusqu'à ce que les centroïdes ne varient plus.

Le nombre de clusters K à retenir, dépend de la variabilité des observations. Un nombre trop faible ne permet pas d'identifier tous les régimes alors qu'un nombre trop grand crée des régimes météo-océaniques très ressemblants et dont les différences ne sont pas pertinentes vis à vis du cas d'application. Nous avons donc dû tester plusieurs valeurs du nombre de clusters.

Finalement, quatre régimes (ou cluster) ont été identifiés qui correspondent à la fois à des situations fréquentes et à des situations à risque vis-à-vis des zones cibles. Ils sont présentés dans le Tableau 5-1. Ils ont été calculés à partir des mesures issues de la bouée CANDHIS du Cap Ferret (03302) pour la houle, et à

partir des résultats de la réanalyse du modèle GFS pour le vent. Les clusters ont été calculés sur trois ans entre 2011 et 2013, unique période pendant laquelle les données de houle sont disponibles sans interruption.

**Tableau 5-1 Régimes calculés par la méthode des clusters**

Régime	Description	Probabilité d'occurrence (%)
1	Houle Moyenne et Vent de Nord-Est modéré	30
2	Vent de Sud-Est modéré et Houle faible	29
3	Vent de Ouest/Sud-Ouest modéré et Houle faible	27
4	Vent de Nord-Ouest fort associé à une houle forte	12

### **5.1.1.2 CHOIX DES SCENARIOS TYPIQUES A PARTIR DE L'ANALYSE EN CLUSTERS**

L'analyse en clusters fournit également un calendrier (cf. Figure 5-1) des régimes typiques (au nombre de 4 par jour) ainsi que les probabilités d'association entre paire de clusters (cf. Figure 5-2). Une version agrandie en est présentée dans les annexes du rapport (paragraphe 1.2.1, Figure 1.5).

La lecture du calendrier se fait de la manière suivante :

- Chaque frise représente un mois donné (ici 24 mois sont représentés) ;
- Au sein d'une frise donnée, il y a en abscisse le jour du mois et en ordonnée le numéro du cluster ;
- Chaque jour est divisé en quatre parties auxquelles on attribue un cluster donné. La couleur attribuée au ¼ de journée représente son niveau de distorsion (écart) avec le cluster attribué. Ce niveau est maximal lorsque la couleur tend vers le rouge et minimale quand la couleur tend vers le bleu.



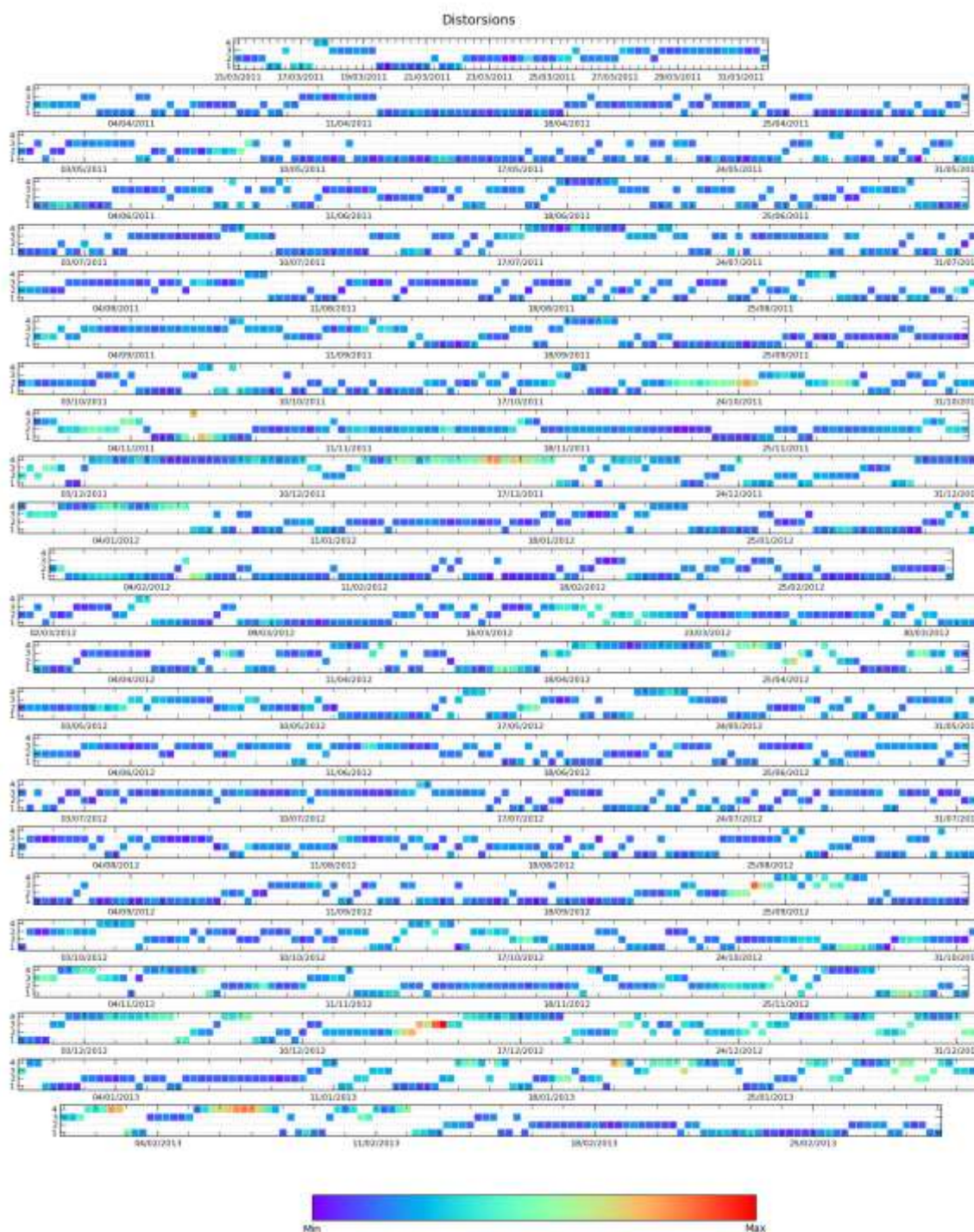


Figure 5-1 Calendrier des clusters entre 2011 et 2013

La figure ci-dessous est un autre produit de l'analyse en cluster, qui permet de représenter les probabilités de transition entre les différents clusters. On note ainsi par exemple que l'enchaînement statistiquement le plus représenté est le passage d'un vent d'est généralement concomitant d'une situation anti-cyclonique à un vent de sud-ouest qui marque le début d'une dépression.

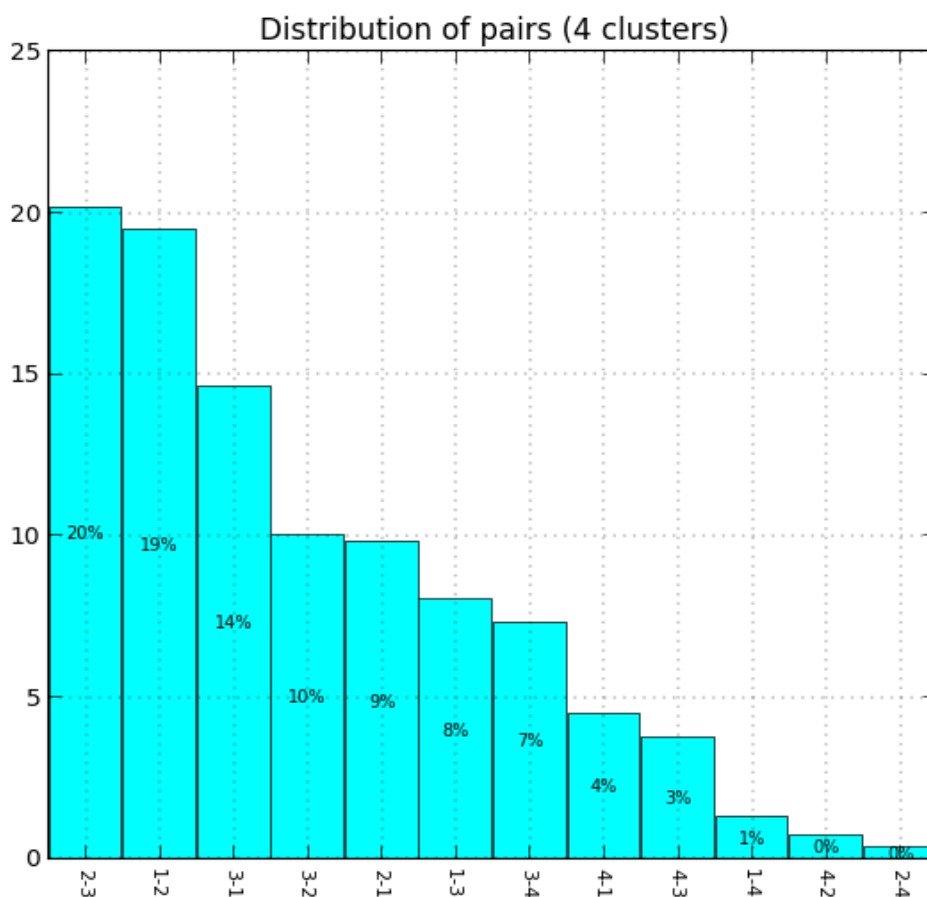


Figure 5-2 Probabilité d'enchaînements des paires de cluster

Les scénarios météo-océaniques des études de dispersion ont été élaborés selon les modalités suivantes.

On associe premièrement à chaque régime (ou cluster) une ou plusieurs zones cibles supposée :

- Régime 1 : Biscarrosse
- Régime 2 : Arguin ;
- Régime 3 : La Salie, Arguin ;
- Régime 4 : La Salie, Biscarrosse.

On recherche pour chacune des zones cibles, en s'appuyant sur les calendriers de clusters des années 2011 à 2013 (voir paragraphe 1.2.1 des annexes), trois

périodes de 15 jours (ou scénarios) où les régimes à risque (de contaminer les eaux littorales dans la zone cible) sont représentés de manière dominante.

On extrait enfin les conditions réelles de vent, de houle et de marée correspondant à chacun des scénarios retenus.

Les 9 scénarios retenus selon ce processus sont décrits ci-dessous, localisés sur les calendriers des clusters (paragraphe 1.2.1 des annexes) et détaillés dans leur chronologie (marée, vent, houle) au paragraphe 1.2.2 des annexes.

Tableau 5-2 Scénarios météo-océaniques réels issus des résultats de l'analyse en clusters

### SCENARIOS

Situation	Période	N° Clusters	Description	Coefficient de marée	Cible
1	04/12/2011 => 19/12/2011	4 dominant	Forte houle vent fort de nord ouest	40-80	BISCARROSSE
2	08/11/2011 => 22/11/2011	2 dominant	Vent sud-est fort et houle faible	47-79	ARGUIN/SALIE
3	02/02/2012=> 17/02/2012	1 dominant	Vent de nord-est modéré et houle moyenne	30-104	SALIE/BISCA RROSSE
4	02/07/2012 => 16/07/2012	3 dominant	Houle faible et Vent modéré de ouest / nord-ouest	44-97	ARGUIN/SALIE
5	01/08/2012 => 14/08/2012	2 et 3	Alternance vent de sud-est et houle faible avec vent d'ouest et houle faible	31-98	ARGUIN/SALIE
6	01/10/2012=> 13/10/2012	2 et 3	Alternance vent de sud-est et houle faible / vent d'ouest et houle faible	30-92	ARGUIN/SALIE
7	26/11/2012=> 09/12/2012	4 et 1	Forte houle et vent fort de nord-ouest	47-78	BISCARROSSE
8	09/05/2011 => 24/05/2011	1 dominant	Vent de nord-est modéré et houle moyenne	51-101	BISCARROSSE
9	03/09/2012 => 18/09/2012	1 et 3	Bascule de régime de nord-est à sud-ouest avec avec des houles moyennes et un vent modéré	30-97	BISCARROSSE

Ces situations représentent les scénarios météo-océaniques qui seront simulés. Selon la situation, il est possible d'estimer quelle zone sensible sera à priori impactée par le panache issu du rejet de la Salie comme l'indique la dernière colonne du tableau ci-dessus.

## 5.1.2 NATURE DE L'EFFLUENT ET CONDITIONS DE REJET

### 5.1.2.1 NATURE DE L'EFFLUENT

Trois types de substances seront modélisés pour caractériser l'impact du rejet de La Salie sur la qualité des eaux :

- Un traceur passif dont la dilution obtenue est applicable à une substance supposée conservative ;
- Un traceur passif non conservatif qui représente les germes bactériens de type Eschérichia coli. Une loi de décroissance est associée à ce type de substance caractérisée par un T90. Dans les études précédentes, les valeurs de T90 utilisées sont comprises en 10 et 20h. Pour cette étude, nous avons retenu un T90 de 8h comme représentatif d'une situation estivale et un T90 de 24h correspondant à des conditions hivernales ;
- Un traceur particulaire de type matière en suspension (MES), qui est échangé avec le fond via un processus d'érosion/dépôt. La dispersion des MES dans la colonne d'eau, dépend donc non seulement des conditions de houle-courant environnantes mais tient également compte des échanges avec le fond.

### 5.1.2.2 CONDITIONS DE REJET

Le débit utilisé pour le rejet du Wharf est de 60 000 m<sup>3</sup>/jour (source SIBA).

Les études de dispersion considèrent deux concentrations de l'effluent en E.coli, 5.10<sup>5</sup> E.Coli/100ml qui correspond à des teneurs moyenne hivernale (source SIBA) et 5.10<sup>3</sup> E.Coli/100ml typique du rejet estival en raison d'un traitement bactéricide. Les deux concentrations seront simulées associées à chaque T90.

Les concentrations en matière en suspension dans le rejet sont définies égales à 40 mg/l.

Concernant le traceur conservatif, la concentration est imposée à 1 pour évaluer des taux de dilution du rejet en mer.

### 5.1.3 BILAN DES TRACEURS ETUDIÉS

Pour chaque scénario défini dans le Tableau 5-2, les traceurs suivants sont modélisés :

- E.Coli associés à deux valeurs de T90 et deux niveaux de concentration dans le rejet ;
- Les Matières En Suspension (qui ont la particularité de s'échanger avec le fond);
- Une substance conservative dont les teneurs sont exclusivement réglées par l'hydrodynamisme.

## 5.2 ETUDE DE CHAMP PROCHE

### 5.2.1 PRESENTATION

Le logiciel CORMIX (<http://www.mixzon.com>) repose sur une schématisation de l'environnement du rejet:

- courant ambiant parallèle aux isobathes et constant dans le temps ;
- profil bathymétrique invariant dans la direction du courant ambiant, et schématisé par une profondeur et une largeur caractéristiques.

Une telle schématisation est d'autant plus valide que l'on se restreint au voisinage spatial et temporel du rejet. CORMIX fournit aussi une prédiction du "champ lointain" mais les hypothèses inhérentes à la schématisation deviennent alors de plus en plus difficiles à justifier: le modèle de circulation littorale (ici SEAMER) doit prendre le relais. A contrario aux échelles de temps et d'espace qui caractérisent le champ proche, la schématisation de l'environnement est une procédure communément admise, à condition de s'assurer que les résultats ne sont pas trop sensibles aux choix effectués par l'ingénieur lors de cette étape de schématisation de l'environnement immédiat du rejet.

Le logiciel CORMIX a été mis en œuvre dans les conditions suivantes:

- profondeur au point de rejet: 5 m, avec une plage de variation (étude de sensibilité) de  $\pm 2$  m pour tenir compte du marnage (et de la variabilité naturelle de la bathymétrie);
- courant ambiant: 10, 20 et 30 cm/s (d'après les sorties de SEAMER au point de rejet);
- pas de stratification ambiante ;
- diffuseur constitué de 2 orifices oblongs (ouverture 200\*23 cm<sup>2</sup> d'après les plans fournis): cette configuration de diffuseur n'étant pas prévue par CORMIX, nous avons utilisé un diamètre hydraulique équivalent (même surface).

Par ailleurs un diffuseur comportant seulement 2 orifices ne justifie pas le recours à l'approximation du jet plan utilisé en cas de diffuseurs à "ports" multiples; on a donc considéré chaque panache individuellement: dans ce cas l'un est toujours orienté vers l'aval et l'autre vers l'amont (paramètre  $s= 0$  ou  $180^\circ$ ).

### 5.2.2 RESULTATS

La figure suivante montre un premier résultat de l'analyse CORMIX, à savoir la classification de l'écoulement de champ proche selon divers nombres adimensionnels, notamment pour savoir si l'on se trouve en situation "stable" ou "instable". Une situation qualifiée d'instable correspond à de vastes recirculations dans le plan vertical, affectant toute la colonne d'eau et peu propices à un bon mélange de champ proche ni à son contrôle hydraulique (comportement chaotique).

Dans la gamme de paramètres utilisée pour l'étude de l'émissaire de La Salie, seules des configurations stables ont été rencontrées.

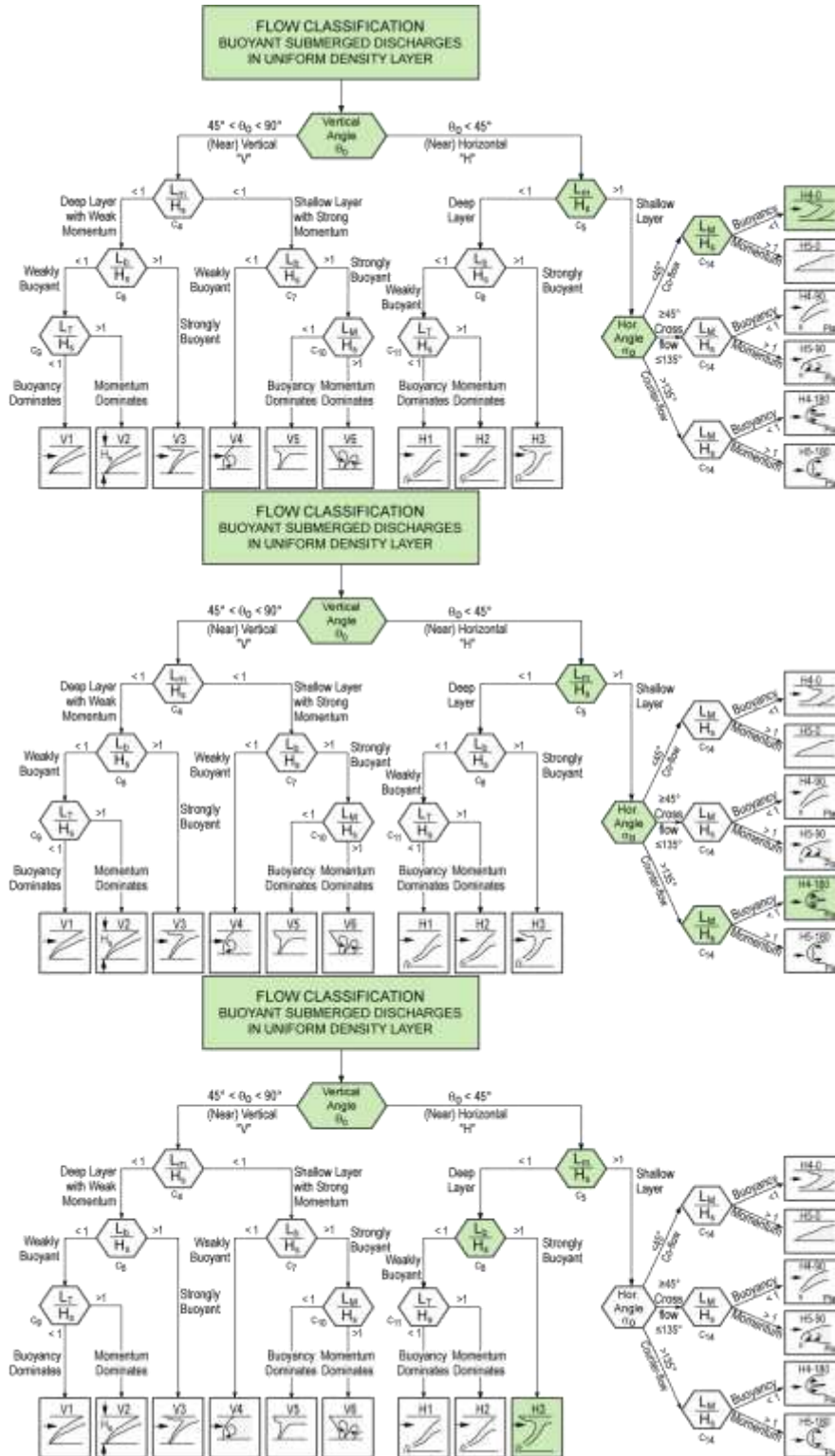


Figure 5-3. Classification CORMIX de l'écoulement de champ proche; de haut en bas : H4-0, H4-180, H3.

La classification préliminaire de l'écoulement permet ensuite à CORMIX de sélectionner les modules qui vont successivement prendre en charge les différentes phases de l'écoulement. La Figure suivante permet notamment de situer, dans le cas d'un écoulement de type H4-0, les divers modules employés par CORMIX :

- MOD110: jet flottant en pleine eau ;  $0 < X < \sim 5$  m,  $0 < TT < \sim 5$  sec
- MOD132: interaction avec le niveau terminal (ici la surface libre), dont intrusion amont ;  $\sim -25$  m  $< X < \sim 25$  m,  $\sim 5$  sec  $< TT < \sim 5$  min
- MOD141 : étalement gravitaire dans le milieu ambiant;  $\sim 25$  m  $< X \sim 150$  m,  $5$  min  $< TT < \sim 0,5$  h

où X et TT correspondent respectivement à la distance aval et au temps de parcours.

Le "champ proche" est constitué de MOD110 et MOD132: on voit notamment que l'hypothèse quasi-stationnaire (courant de marée figé) y est légitime ( $TT < \sim 5$  min).

Par ailleurs le modèle de circulation (SEAMER) contient les "ingrédients" dynamique du MOD141, avec en plus l'effet de la turbulence océanique (non prise en compte par CORMIX): le champ lointain de CORMIX (MOD 141) ne sera donc pas utilisé en tant que tel.

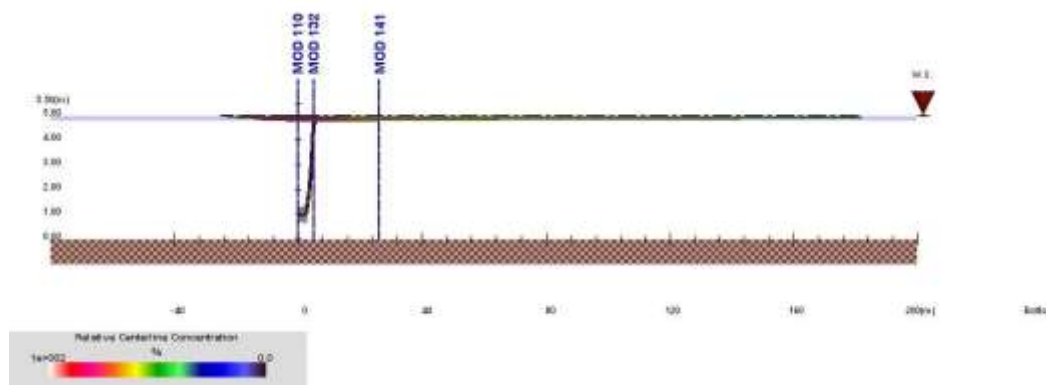


Figure 5-4. Coupe verticale dans le panache CORMIX de l'essai #1.

La Figure ci-dessus permet déjà de constater que le panache rejoint rapidement la surface, où il s'étale horizontalement dans une nappe relativement fine. Ces deux effets sont liés à la flottabilité de l'effluent (eau douce dans le tuyau) et à la dilution modeste dans le champ proche (vitesse d'éjection et hauteur d'eau limitées), ce qui se traduit par une flottabilité résiduelle significative au début du MOD141 (étalement gravitaire).

La Figure suivante donne l'allure du panache dans le plan horizontal ; il ne s'agit que d'un essai parmi d'autres, mais il est instructif de le comparer avec la Figure 1-3 du rapport ; sachant que l'espacement des piles du wharf vaut environ 40 m, on trouve que les deux Figures s'accordent (qualitativement) sur les points suivants :



- le jet-panache remonte rapidement à la surface (bouillonnement localisé quasiment à la verticale du diffuseur) ;
- allure générale du panache en surface ;
- présence d'une intrusion amont (sur une vingtaine de mètre).

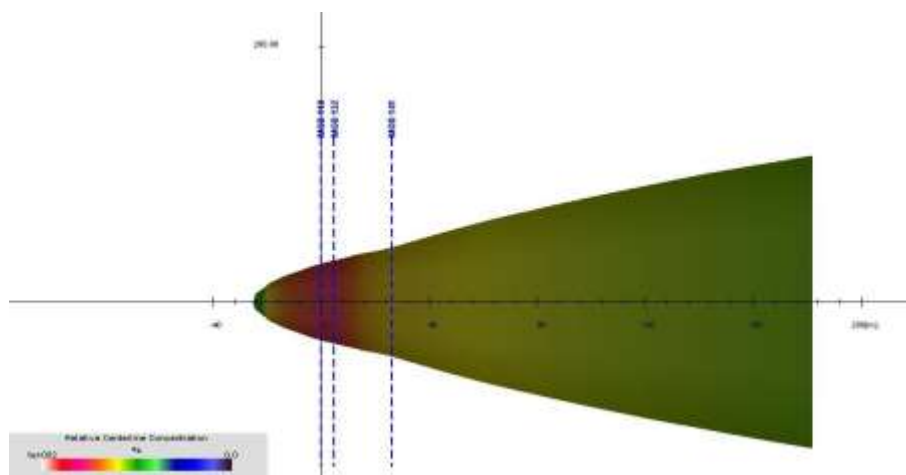


Figure 5-5 : Enveloppe du panache (plan horizontal) dans l'essai #1.

La sensibilité des résultats aux variations de hauteur d'eau et de courant ambiant est donnée dans le tableau suivant.

Les données d'entrée sont :

- HD, profondeur d'eau pris en compte ;
- U, vitesse du courant ambiant ;
- $\sigma$ , angle du rejet dans le plan vertical (0 = rejet vers le bas ; 180 = rejet vers le haut).

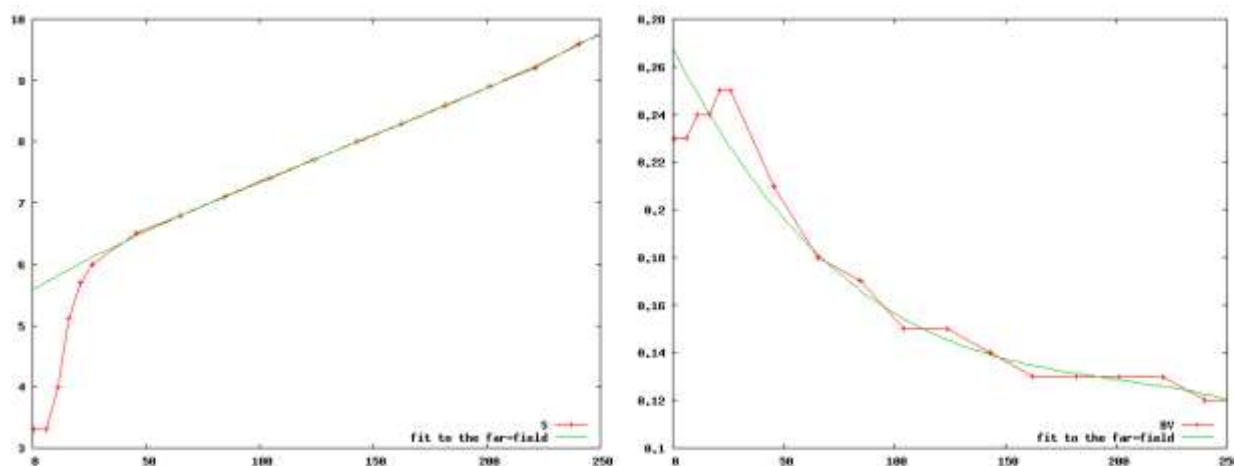
Les grandeurs d'intérêt calculés sont :

- côte d'équilibre du panache ; ici il s'agit systématiquement de la sub-surface (non rappelé dans le tableau) ;
- BV, épaisseur (verticale) caractéristique de ce panache ;
- S, dilution de l'effluent, où  $S = c_0 / c$ , où  $c_0$  est la concentration d'un traceur conservatif dans l'effluent et  $c(X)$  sa concentration au point considéré du panache.

Tableau 5-3 : Résultats CORMIX.

input					classe	en sortie de champ proche				"fit" sur le champ lointain	
essai	commentaire	HD (m)	U (cm/s)	$\sigma$ (°)		S	BV (m)	X (m)	TT (s)	S	BV (m)
1	cas central	5	10	0	H4-0	6	0,3	26	220	6	0,3
2	obturateur amont	5	10	180	H4-180	6	0,3	16	200	5	0,3
3	sensibilité à U	5	20	0	H4-0	7	0,8	9,2	24	8	0,4
4		5	30	0	H3	9	1,4	8,4	13	11	0,7
5	sensibilité à HD	3	10	0	H4-0	10	0,2	12	35	10	0,5
6		4	10	0	H4-0	13	0,3	12	36	14	0,7
7		6	10	0	H4-0	7	0,3	27	220	7	0,4
8		7	10	0	H4-0	9	0,4	26	210	8	0,4

Plus précisément le Tableau reprend les résultats donnés par CORMIX à l'issue du champ proche (fin du MOD132 i.e. début du MOD 141) ainsi que les caractères S et BV d'une « source-équivalente » obtenue en prenant la valeur en  $X = 0$  d'un polynôme de degré 3 calé sur le champ lointain de CORMIX (Figure ci-dessous).



**Figure 5-6. Extrapolation (en  $X = 0$ ) d'une source équivalente ; à gauche : S ; à droite : BV.**

La source équivalente correspond à la source qu'il faudrait injecter dans CORMIX si tout l'écoulement était gouverné par une dynamique telle que celle représentée par le MOD141 (ce qui est le cas dans un modèle de circulation océanique 3D). Cette méthode permet de s'affranchir de la variabilité parfois grande à la jonction champ proche/champ lointain, et donc à l'arbitraire de cette frontière. En l'occurrence les deux méthodes donnent des résultats équivalents, et nous retiendrons donc les grandeurs suivantes, qui s'avèrent suffisamment robustes dans la gamme de paramètres étudiée :

- le panache remonte à la surface (autrement dit, sa cote d'équilibre est en sub-surface) ;
- son épaisseur verticale (paramètre BV) à l'issue du champ proche vaut en moyenne entre 50 cm et 1 m ;
- la dilution S en sortie de champ proche s'établit entre 5 et 10.

A cause du caractère extrêmement turbulent de l'écoulement, la précision des calculs de champ proche peut être estimée à  $\pm 25\%$  (au mieux) en S ou en BV. Les résultats du Tableau 5-3 sont cependant très précieux dans la mesure où ils permettent de justifier l'injection dans la couche de surface du modèle 3D du flux (débit et concentration) émis par l'émissaire de La Salie.

D'autre part, les dilutions obtenues en sortie de champ proche étant inférieures à celles découlant du mélange du rejet dans la maille du modèle SEAMER qui « reçoit » le rejet, il ne sera pas nécessaire d'appliquer une pré-dilution au rejet : une dilution minimale s'établit en effet dans le volume fini de la cellule 3D de rejet ( $dx \cdot dy \cdot dz$  m<sup>3</sup>) et nous avons constaté que cela suffisait en pratique à garantir une dilution initiale réaliste.

## 5.3 ETUDE DE DISPERSION DANS LE CHAMP LOINTAIN (SITUATION ACTUELLE)

### 5.3.1 PRESENTATION DES TRAITEMENTS ET DES RESULTATS

Pour chaque scénario météo-océanique, les résultats suivants sont présentés en annexe :

- Des cartes des concentrations maximales obtenues sur la durée de la simulation (environ 15 jours) en surface et au fond pour E.Coli et les MES ;
- Des cartes de dilution minimale du traceur conservatif au fond et en surface ;
- Des cartes de dépôt sur le fond des particules associées aux MES : pour que le rendu soit lisible, le dépôt en fin de chaque simulation est extrapolé sur l'année. Ainsi le résultat qui apparaît sur les cartes suppose une répétition de la même condition météo-océanique pendant un an ;
- Des cartes du temps de dépassement de plusieurs seuils de concentration en E.Coli (100, 250 et 1000 E.Coli/100ml). Ces temps obtenus sur la durée de simulation (environ 15 jours) sont extrapolés sur un an en tenant compte de l'occurrence du scénario météo-océanique de la manière suivante :  
$$\text{DuréeDépAnnuel} = \text{DuréeDépSimulation} / \text{DuréeSimulation} * 365 * \text{OccuScénario};$$
- Des séries temporelles aux points fixes de différents traceurs :
  - Dans l'eau, les séries temporelles en plusieurs points d'intérêt le long des plages et zones de baignade (cf. Figure 5-7) de Biscarrosse, la Salie et dans la zone conchylicole du banc d'Arguin ;
  - Dans les coquillages, entre la Salie et le banc d'Arguin. (cf. Figure 5-8) ; les points P1 à P4 ne sont pas situés sur des zones conchylicoles, ils n'ont pas donc pour fonction d'évaluer un risque sanitaire mais celle de délimiter la zone d'influence du rejet.

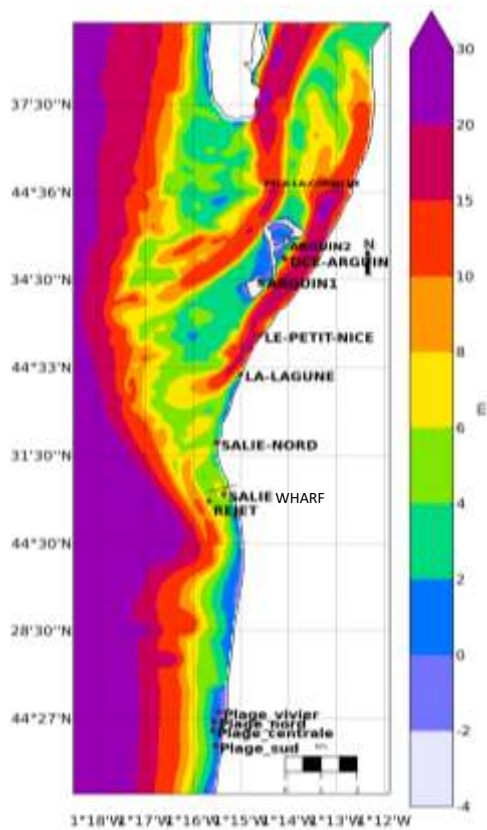


Figure 5-7 Points de suivi des concentrations dans l'eau, positionnés sur la bathymétrie en mètres

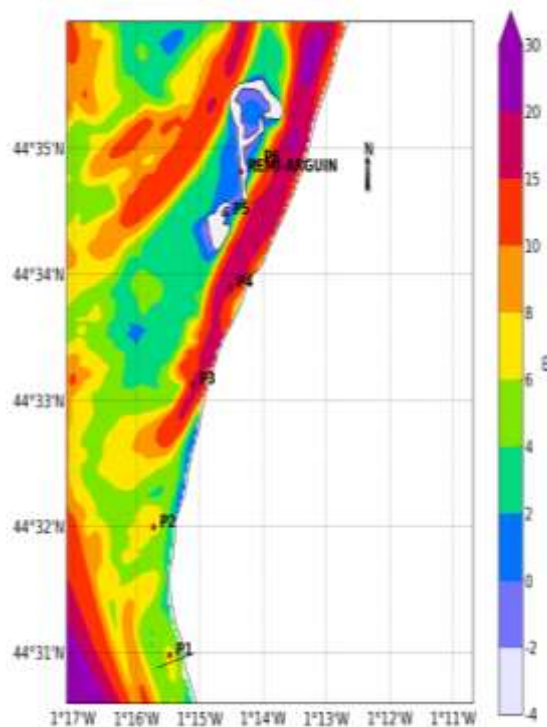


Figure 5-8 Points de suivi des concentrations dans les coquillages, positionnés sur la bathymétrie en mètres

Enfin, en guise de synthèse, plusieurs tableaux résumant les impacts par site et scénarios ont été élaborés, ils sont présentés et commentés (comme les figures) au paragraphe suivant. (cf. 5.3.2). Les échelles de valeurs sont indiquées ci-dessous.

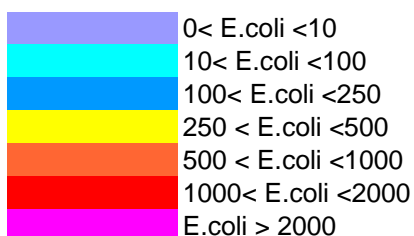


Figure 5-9 Échelle de couleur pour les concentrations maximales en E.Coli/100ml.

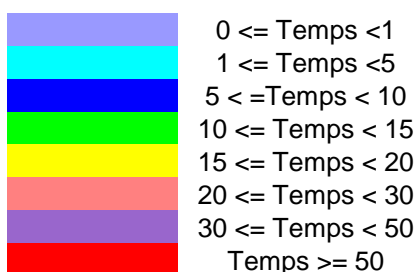


Figure 5-10 Échelle de couleur pour les temps de dépassement (en jours).

### 5.3.2 EFFETS DU REJETS SUR LES TENEURS EN E.COLI

#### 5.3.2.1 Dans l'eau

Les cartes de concentrations maximales en E.Coli (eau et coquillages) ainsi que les chroniques des teneurs en E.coli dans les zones sensibles obtenues pour l'ensemble des scénarios, sont présentées au paragraphe 1.3.2 des annexes. Le Tableau 5-4 (ci-dessous) résume les résultats obtenus dans l'eau en indiquant pour chaque scénario, les teneurs maximales en E.Coli calculées sur les sites sensibles. Ces résultats sont à associer au temps de dépassement des seuils 100 et 1 000 E.Coli/100ml présentés dans les tableaux Tableau 5-5 et Tableau 5-6. Les points des zones sensibles, cités dans les tableaux sont affichés sur la Figure 5-7.

##### → Influence de la saison

Rappelons qu'en période estivale, les teneurs en E.Coli sont 100 fois inférieures à celles des effluents en hiver du fait d'un traitement bactéricide sur les stations d'épuration urbaine.

D'une manière générale, comme en témoigne les différences d'extension des panaches produits en hiver et été (voir figures en annexes), l'influence du rejet varie sensiblement selon la saison. Aucun site dit sensible n'est touché de manière significative en période estivale quel que soit la valeur retenue pour le T90. Seuls les points aux abords du wharf présentent des concentrations maximales d'environ 150 E.Coli/100ml au point de rejet et 50 E.Coli/100ml sur le point La Salie. Les temps de dépassement du seuil 100 E.Coli/100ml restent cependant inférieurs à une journée par an sur ces deux sites. Le traitement appliqué sur les concentrations bactériennes en saison estivale suffit donc à éviter toute contamination des zones sensibles.

##### → Influence du T90

L'influence de la valeur du T90 est moins nette : le passage d'un T90 de 24h à 8h permet de faire baisser les concentrations maximales mais ne « soulagent » pas complètement les zones distantes de l'influence du rejet (au sud comme au nord) en période hivernale. On constate aussi que la sensibilité des résultats au T90 dépend du scénario considéré. A titre d'exemple, les teneurs induites pour le scénario 1 avec un T90 de 8 heures sont de 2 à 3 fois inférieures à celles obtenues avec un T90 de 24 heures alors qu'elles varient d'un ordre de grandeur pour le scénario 5. Ceci s'explique par les temps de transit entre le rejet et les zones cibles, plus ce temps est long plus le T90 influera sur les teneurs induites (nous reviendrons plus en détail sur ce point ultérieurement). Il est ainsi certain que la situation 1 qui est associée à des courants forts dirigés vers le sud favorise un transfert plus rapide des effluents vers les plages de Biscarrosse que la situation 5 qui présente des courants plus lents et variables. Au niveau du Wharf et de La Salie, pour les raisons déjà expliquées impliquant le temps de transit, les teneurs

induites en conditions hivernales sont élevées (invariablement supérieures au seuil de 1 000 E.Coli/100mL) et dépendant beaucoup moins de la valeur du T90.

Tableau 5-4 Bilan des teneurs maximales en E.Coli issu des résultats de la modélisation

		Concentrations maximales dans l'eau (E.coli/100ml)												
		ARGUIN						SALIE			BISCARROSSE			
Site		ARGUIN1	ARGUIN2	La Lagune	Le petit nice	DCE-ARGUIN	PYLA-LA-CORNICHE	SALIE	WHARF	SALIE-NORD	Plage nord	Plage vivier	Plage centrale	Plage sud
<i>Scénario Météo-océanique</i>		Traceur												
Situation 1	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	623	7519	0	196	221	236	226
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	6	75	0	2	2	2	2
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	432	7173	0	68	82	96	83
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	4	72	0	1	1	1	1
Situation 2	ecoli24_hiver	3	0	288	273	1	0	3075	7240	1428	44	59	84	62
	ecoli24_ete	0	0	3	3	0	0	31	72	14	0	1	1	1
	ecoli8_hiver	0	0	33	31	0	0	1418	5986	371	5	18	30	20
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	14	60	4	0	0	0	0
Situation 3	ecoli24_hiver	0	0	1	1	0	0	6223	26901	7	138	179	184	175
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	62	269	0	1	2	2	2
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	2183	20281	2	14	22	36	26
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	22	203	0	0	0	0	0
Situation 4	ecoli24_hiver	0	0	1	1	0	0	9905	13023	1	56	74	68	70
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	99	130	0	1	1	1	1
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	5036	11023	0	2	3	6	3
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	50	110	0	0	0	0	0
Situation 5	ecoli24_hiver	0	0	68	12	0	0	4836	7104	828	63	76	94	84
	ecoli24_ete	0	0	1	0	0	0	48	71	8	1	1	1	1
	ecoli8_hiver	0	0	6	0	0	0	1699	5226	168	6	8	10	8
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	17	52	2	0	0	0	0
Situation 6	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	4271	8442	0	65	90	113	96
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	43	84	0	1	1	1	1
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	2510	6529	0	5	7	15	7
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	25	65	0	0	0	0	0
Situation 7	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	4	7338	0	63	96	113	92
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	73	0	1	1	1	1
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	3	6471	0	15	28	47	35
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0
Situation 8	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	5539	13111	12	107	107	118	102
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	55	131	0	1	1	1	1
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	3367	10025	2	5	9	21	11
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	34	100	0	0	0	0	0
Situation 9	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	5492	11137	0	81	75	73	68
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	55	111	0	1	1	1	1
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	2936	8914	0	3	3	4	2
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	29	89	0	0	0	0	0



Tableau 5-5 : Bilan des temps de dépassement annuel du seuil de 100 E.Coli issu des résultats de la modélisation

		Temps de dépassement annuel en jour du seuil 100 E.coli/100ml													
		ARGUIN					SALIE			BISCARROSSE					
Site		ARGUIN1	ARGUIN2	La Lagune	Le petit nice	DCE-ARGUIN	PYLA-LA-CORNICHE	SALIE	WHARF	SALIE-NORD	Plage nord	Plage vivier	Plage centrale	Plage sud	
Scénario Météo-océanique	Traceur														
	Situation 1	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	1	32	0	1	2	3	3
		ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	1	31	0	0	0	0	0
		ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Situation 2	ecoli24_hiver	0	0	5	1	0	0	23	79	21	0	0	0	0
		ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	7	67	3	0	0	0	0
		ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Situation 3	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	2	78	0	1	3	4	2
		ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	1	76	0	0	0	0	0
		ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Situation 4	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	2	69	0	0	0	0	0
ecoli24_ete		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ecoli8_hiver		0	0	0	0	0	0	1	67	0	0	0	0	0	
ecoli8_ete		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Situation 5	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	20	89	6	0	0	0	0	
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	9	81	1	0	0	0	0	
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Situation 6	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	4	102	0	0	0	0	0	
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	2	102	0	0	0	0	0	
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Situation 7	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	0	63	0	0	0	0	0	
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	0	62	0	0	0	0	0	
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Situation 8	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	3	92	0	0	1	1	0	
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	2	92	0	0	0	0	0	
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Situation 9	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	13	100	0	0	0	0	0	
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	10	98	0	0	0	0	0	
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tableau 5-6 Bilan des temps de dépassement annuel du seuil de 1000 E.Coli issu des résultats de la modélisation

		Temps de dépassement annuel en jour du seuil 1000 E.coli/100ml												
		ARGUIN					SALIE			BISCARROSSE				
Site		ARGUIN1	ARGUIN2	La Lagune	Le petit nice	DCE-ARGUIN	PYLA-LA-CORNICHE	SALIE	WHARF	SALIE-NORD	Plage nord	Plage vivier	Plage centrale	Plage sud
Traceur														
Scénario Météo-océanique	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Situation 1	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Situation 2	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	5	45	1	0	0	0	0
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	1	42	0	0	0	0	0
Situation 3	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	1	71	0	0	0	0	0
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Situation 4	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	1	50	0	0	0	0	0
Situation 5	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	1	39	0	0	0	0	0
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Situation 6	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	9	66	0	0	0	0	0
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	1	80	0	0	0	0	0
Situation 7	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Situation 8	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	1	68	0	0	0	0	0
Situation 9	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	1	66	0	0	0	0	0
	ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Situation 9	ecoli24_hiver	0	0	0	0	0	0	9	86	0	0	0	0	0
	ecoli24_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_hiver	0	0	0	0	0	0	4	81	0	0	0	0	0
ecoli8_ete	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Le teneurs estivales de l'effluent étant sans effet significatifs sur les teneurs en E.coli, nous avons concentré notre analyse sur les situations où la concentration bactérienne dans le rejet est de  $5.10^5$  Ecoli/100ml.

### → Description par zone

- Comme en témoigne les différentes cartes des teneurs en E.Coli (voir paragraphe 1.3.2 des annexes), la zone la plus vulnérable de la côte est celle située aux abords immédiats du point de rejet. Dans un périmètre de 1 à 2km autour du rejet, les teneurs en E.Coli sont susceptibles de dépasser le seuil des 1000 E.coli. Le point Wharf présente des temps de dépassement qui oscillent entre 1 et 3 mois quelle que soit la valeur du T90 (voir Tableau 5-5). Le point La Salie situé au droit du wharf est sensiblement moins imprégné que le point Wharf, les concentrations maximales y sont souvent supérieures à 1000 E. Coli/100 mL (Tableau 5-4, Tableau 5-6) mais sur des durées relativement courtes (Tableau 5-6). Les teneurs au point Salie Nord sont maximales dans les situations 2 et 5 avec des temps de dépassement annuels de 1 jour (situation 2 uniquement) pour le seuil 1000 et de 9 (situation 5) et 21 jours (situation 2) pour le seuil 100. Dans ces deux situations (2 et 5), c'est le vent de sud-est qui plaque le panache à la côte.
- Le rejet provoque des concentrations supérieures à 10 E. Coli/100 mL aux points *petit Nice* et la *Lagune* dans les situations 2 et 5 et un dépassement (court) du seuil de 100 E.Coli/100 mL uniquement dans la situation 2. C'est le vent de sud-est et la marée (au flot) qui induisent en absence de houle un transport vers le nord des bactéries. Le banc d'Arguin n'est pas sous l'influence du rejet de La salie.
- Le rejet de La salie induit dans les eaux de baignade de Biscarrosse des teneurs en E.Coli assez souvent comprises entre 10 et 100 E.Coli/100ml et pouvant dépasser (1 à 4 jours par an) le seuil de 100 E.Coli/100ml dans les situations 1 et 3 et lorsque le T90 est de 24h. Il est ainsi assez marquant de constater un fort déséquilibre de l'influence du rejet entre les côtes situées au nord et celles du sud (voir cartes en annexe). Il est dû à la fréquence élevée des houles sur cette frange littorale, lesquelles ont tendance à « pousser » les masses d'eau vers le sud en contrecarrant éventuellement les effets du vent et de la marée (au flot). Les résultats obtenus dans la situation 6 en sont un exemple parlant. Initialement retenue pour étudier les risques de contaminations sur le banc d'Arguin en raison de vents dominants de secteurs sud-est à sud-ouest, il s'avère que le panache est surtout entraîné vers le sud sous l'action de houles modérées. Les imprégnations maximales (1 à 4 jours par an) obtenues sur les plages de Biscarrosse dans les situations 1 et 3, sont le fruit d'un transfert rapide des masses d'eau entre le rejet et La Salie, dû à la combinaison des effets d'une houle moyenne à forte et d'un vent modéré à fort en provenance du nord ouest ou du nord est. Le seuil de 1000 E.Coli/100ml n'est jamais atteint dans cette zone. Il est à noter que si les teneurs induites par le rejet de La Salie dans

les eaux de baignade de Biscarrosse restent modérées (généralement inférieures à 100 E.Coli/100 mL), et les durées de dépassement du seuil de bonne qualité très courtes, elles sont en revanche plus élevées au large des plages (devant Biscarrosse). Comme le montre les cartes des concentrations maximales et celles des durées d'exposition obtenues dans la situation 7 avec un T90 de 24h, le rejet peut induire à 500 m des côtes de Biscarrosse des teneurs supérieures à 250 E.Coli/100 mL, et des durées de dépassement du seuil de 100 E.Coli/100 mL de 20 à 30 jours. Il s'agit du cas le plus extrême, pour les situations qui comprennent des épisodes de vent avec une composante sud (2, 5, 4 et 9), les durées d'exposition au seuil de 100 E.Coli sont nettement plus faibles (< à 1 jours ou compris entre 1 et 5 jours,). Les situations 3, 6, 7 et 8 représentent des cas intermédiaires, les durées dépassements du seuil de 100 E.coli/100 mL au large de Biscarrosse, sont comprises entre 5 et 20 jours.

### → Influence des conditions météo océaniques

Comme déjà évoqué, la circulation dans la zone est dominée par la houle qui induit une dérive littorale dans le sens Nord-Sud. Cette dérive est modulée par le vent et la marée, soit :

- ils peuvent accroître l'effet de la houle ; c'est le cas des situations 1 et 3 qui ont le plus d'impact sur les plages de Biscarrosse ;
- quand la houle est faible, ils contrent l'action de la houle en emportant le panache vers le nord comme dans le cas des situations 2 et 5 où le cluster de vent de sud-est est bien représenté.

En conséquence, dès qu'un épisode de houle se présente, les substances dissoutes sont transportées majoritairement vers le sud. Quand la houle est combinée à un vent de nord-Ouest ou nord-est, les concentrations dans les eaux de baignade de Biscarrosse peuvent atteindre ponctuellement 100 à 200 E.Coli/100ml mais le temps de dépassement annuel du seuil 100 est seulement de l'ordre de 1 à 4 jours.

Lorsque la houle est faible et que le flux de sud-est est fort le panache atteint les plages situées au sud du banc d'Arguin (la lagune et le Petit Nice). Ces conditions sont plutôt caractéristiques de l'hiver.

Les conditions de sud-ouest et sud-est sont propices à maintenir une charge bactérienne élevée autour du wharf.

### **5.3.2.2 Dans les coquillages**

Les points d'études des concentrations dans la chair des coquillages sont localisés sur la Figure 5-8, ils correspondent à une position fictive prise arbitrairement indépendamment de la présence ou non de coquillages. Les points P1 à P4 sont situés le long de la côte entre le wharf et le banc d'Arguin. Les points P5, P6 sont localisés à proximité des concessions conchylicoles et le point REMI-ARGUIN sur une des concessions.

**Tableau 5-7 Bilan des teneurs maximales en E.Coli dans le liquide intervalvaire et la chair des coquillages issu des résultats de la modélisation**

		Concentrations maximales dans la chair de coquillage (E.coli/100g)							
		Site	P1	P2	P3	P4	P5	P6	REMI-ARGUIN
<i>Scénario Météo-océanique</i>		Traceur							
<i>Situation 1</i>	ecoli24_hiver	4865	5	0	0	0	0	0	0
	ecoli24_ete	49	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_hiver	2913	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_ete	29	0	0	0	0	0	0	0
<i>Situation 2</i>	ecoli24_hiver	62718	16948	1199	717	77	10	11	11
	ecoli24_ete	627	169	12	7	1	0	0	0
	ecoli8_hiver	21809	3630	65	39	0	0	0	0
	ecoli8_ete	218	36	1	0	0	0	0	0
<i>Situation 3</i>	ecoli24_hiver	40331	93	52	24	1	1	1	1
	ecoli24_ete	403	1	1	0	0	0	0	0
	ecoli8_hiver	20542	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_ete	205	0	0	0	0	0	0	0
<i>Situation 4</i>	ecoli24_hiver	12139	137	80	17	0	0	0	0
	ecoli24_ete	121	1	1	0	0	0	0	0
	ecoli8_hiver	2733	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_ete	27	0	0	0	0	0	0	0
<i>Situation 5</i>	ecoli24_hiver	78799	5685	37	14	1	0	0	0
	ecoli24_ete	788	57	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_hiver	29599	1028	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_ete	296	10	0	0	0	0	0	0
<i>Situation 6</i>	ecoli24_hiver	13821	59	0	1	0	0	0	0
	ecoli24_ete	138	1	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_hiver	7770	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_ete	78	0	0	0	0	0	0	0
<i>Situation 7</i>	ecoli24_hiver	140	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli24_ete	1	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_hiver	49	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_ete	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Situation 8</i>	ecoli24_hiver	14278	31	2	2	0	0	0	0
	ecoli24_ete	143	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_hiver	8556	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_ete	86	0	0	0	0	0	0	0
<i>Situation 9</i>	ecoli24_hiver	78676	83	35	8	0	0	0	0
	ecoli24_ete	787	1	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_hiver	34449	0	0	0	0	0	0	0
	ecoli8_ete	344	0	0	0	0	0	0	0

	0 < E.coli < 230
	230 < E.coli < 4600
	4600 < E.coli < 46000

Le Tableau 5-7 (ci-dessus) résume les impacts sur les points de suivis pour l'ensemble des scénarios simulés.

Les concentrations obtenues sont très élevées à proximité du rejet (>> 4 600 U voire 46 000 U) en période hivernale, hormis pour la situation 7 en raison de conditions de vent fort de nord-ouest et de houle forte de nord-ouest, lesquelles favorisent un transfert rapide des effluents vers le sud.

Les teneurs aux points suivants P2 ne restent significatives que dans les situations 2 et 5 qui se distinguent par des houles faibles et des vents plutôt de secteurs sud (-ouest ou -est). L'emprise maximale du rejet sur les teneurs dans la chair des coquillages est atteinte dans la situation 2 (avec un T90 de 24h) et ne s'étend pas au-delà du point P4. Les teneurs en E.Coli des coquillages de la zone conchylicole du banc d'Arguin ne sont donc pas dépendantes du rejet de La salie.

### 5.3.3 DILUTION DU REJET

Les cartes de dilution obtenues dans les différentes situations sont présentées dans les annexes au paragraphe 1.3.3. Précisons qu'il s'agit des dilutions minimales. Le tableau ci-dessous indique pour chaque zone cible le niveau minimal de dilution calculé dans les 9 situations. On remarque premièrement que les niveaux de dilution sont beaucoup plus élevés au nord qu'au sud en lien avec l'étirement en majorité du panache vers le sud. Sur les plages de Biscarrosse, les dilutions les plus faibles sont obtenues dans les situations 4, 5 et 9, en lien avec un hydrodynamisme relativement plus faible. Vers le nord, ce sont dans les situations 2 et 5 que le rejet est le moins dilué avec des valeurs comprises entre 300 et 700. On retiendra aussi que le rejet de La Salie est généralement dilué entre 250 et 900 fois (quand ce n'est pas plus de 1000 fois) dans les eaux de Biscarrosse et plus de 1000 fois dans les eaux qui baignent le banc d'Arguin.

Tableau 5-8 Bilan des dilutions minimales issu des résultats de la modélisation

	Site	Dilution minimale dans l'eau												
		ARGUIN						SALIE			BISCARROSSE			
		ARGUIN1	ARGUIN2	La Lagune	Le petit nice	DCE-ARGUIN	PYLA-LA-CORNICHE	SALIE	WHARF	SALIE-NORD	Plage nord	Plage vivier	Plage centrale	Plage sud
<i>Scénario Météo-océanique</i>	Traceur													
<i>Situation 1</i>	unite	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	648	65	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
<i>Situation 2</i>	unite	>1000	>1000	304	455	>1000	>1000	93	52	121	>1000	>1000	>1000	>1000
<i>Situation 3</i>	unite	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	46	16	>1000	574	504	456	466
<i>Situation 4</i>	unite	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	34	35	>1000	374	313	261	304
<i>Situation 5</i>	unite	>1000	>1000	405	723	>1000	>1000	54	54	169	246	241	236	259
<i>Situation 6</i>	unite	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	84	50	>1000	>1000	>1000	829	946
<i>Situation 7</i>	unite	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	64	>1000	929	799	776	815
<i>Situation 8</i>	unite	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	70	33	>1000	648	645	649	646
<i>Situation 9</i>	unite	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	66	40	>1000	517	475	477	476

	0< Dilution <= 10
	10< Dilution <= 100
	100< Dilution <= 500
	500< Dilution <= 1000
	Dilution > 1000

Il est intéressant de rapprocher les niveaux de dilution avec les teneurs en E.Coli. Prenons le cas des situations 1 et 3 dont les résultats sont rappelés dans le tableau ci-dessous. Alors que les dilutions obtenues sur les plages de Biscarrosse dans la situation 1 sont nettement supérieures à celles obtenues dans la situation 3, les teneurs en E.Coli calculées dans ces deux situations restent très comparables. Ceci met en évidence deux schémas différents de dispersion. Dans la situation 1 les rejets sont bien mélangés mais sont rapidement transférés vers le sud en raison du fort hydrodynamisme ambiant, dans ces conditions le taux de mortalité des germes (T90) a peu d'effet sur les teneurs en germes et c'est principalement l'hydrodynamisme (le mélange) qui en détermine les concentrations à distance. Dans la situation 3, caractérisée par des courants moins forts, le rejet est moins mélangé durant son parcours vers les plages de Biscarrosse mais comme ce parcours est plus lent que dans la situation 1, le taux de mortalité a plus d'emprise sur les teneurs en E.Coli à distance du rejet. C'est ainsi qu'on obtient des teneurs en E.Coli sur Biscarrosse semblables dans les deux situations bien que résultant de mécanismes distincts.

		Dilution minimale dans l'eau												
		ARGUIN						SALIE			BISCARROSSE			
Site		ARGUIN1	ARGUIN2	La Lagune	Le petit nice	DCE-ARGUIN	PYLA-LA-CORNICHE	SALIE	WHARF	SALIE-NORD	Plage nord	Plage vivier	Plage centrale	Plage sud
Scénario Météo-océanique	Traceur													
	Situation 1	unite	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	648	65	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
	Situation 3	unite	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	46	16	>1000	574	504	456	466
		Concentrations maximales dans l'eau (E.coli/100ml)												
		ARGUIN						SALIE			BISCARROSSE			
Site		ARGUIN1	ARGUIN2	La Lagune	Le petit nice	DCE-ARGUIN	PYLA-LA-CORNICHE	SALIE	WHARF	SALIE-NORD	Plage nord	Plage vivier	Plage centrale	Plage sud
Scénario Météo-océanique	Traceur													
	Situation 1	ecoli24 hiver	0	0	0	0	0	623	7519	0	196	221	236	226
		ecoli24 ete	0	0	0	0	0	6	75	0	2	2	2	2
		ecoli8 hiver	0	0	0	0	0	432	7173	0	68	82	96	83
	Situation 3	ecoli24 hiver	0	0	1	1	0	6223	26901	7	138	179	184	175
		ecoli24 ete	0	0	0	0	0	62	269	0	1	2	2	2
		ecoli8 hiver	0	0	0	0	0	2183	20281	2	14	22	36	26
		ecoli8 ete	0	0	0	0	0	22	203	0	0	0	0	0

On peut pour s'en convaincre mettre en regard les cartes de teneurs maximales en E.coli (voir ci-dessous) obtenues dans ces deux situations avec un T90 de 8 et 24h. On remarquera de manière évidente que l'étalement des enveloppes du panache dans la situation 3 est nettement sensible au T90 que celui obtenu dans la situation 1. Ceci résulte bien du rôle plus important joué par le T90 dans l'étalement à distance du panache lorsque les courants sont plus lents.

Cette analyse montre clairement les enseignements complémentaires qu'on peut tirer du calcul des dilutions et de celui des teneurs en E.coli quant à l'évaluation de l'influence d'un rejet sur la qualité des eaux littorales.



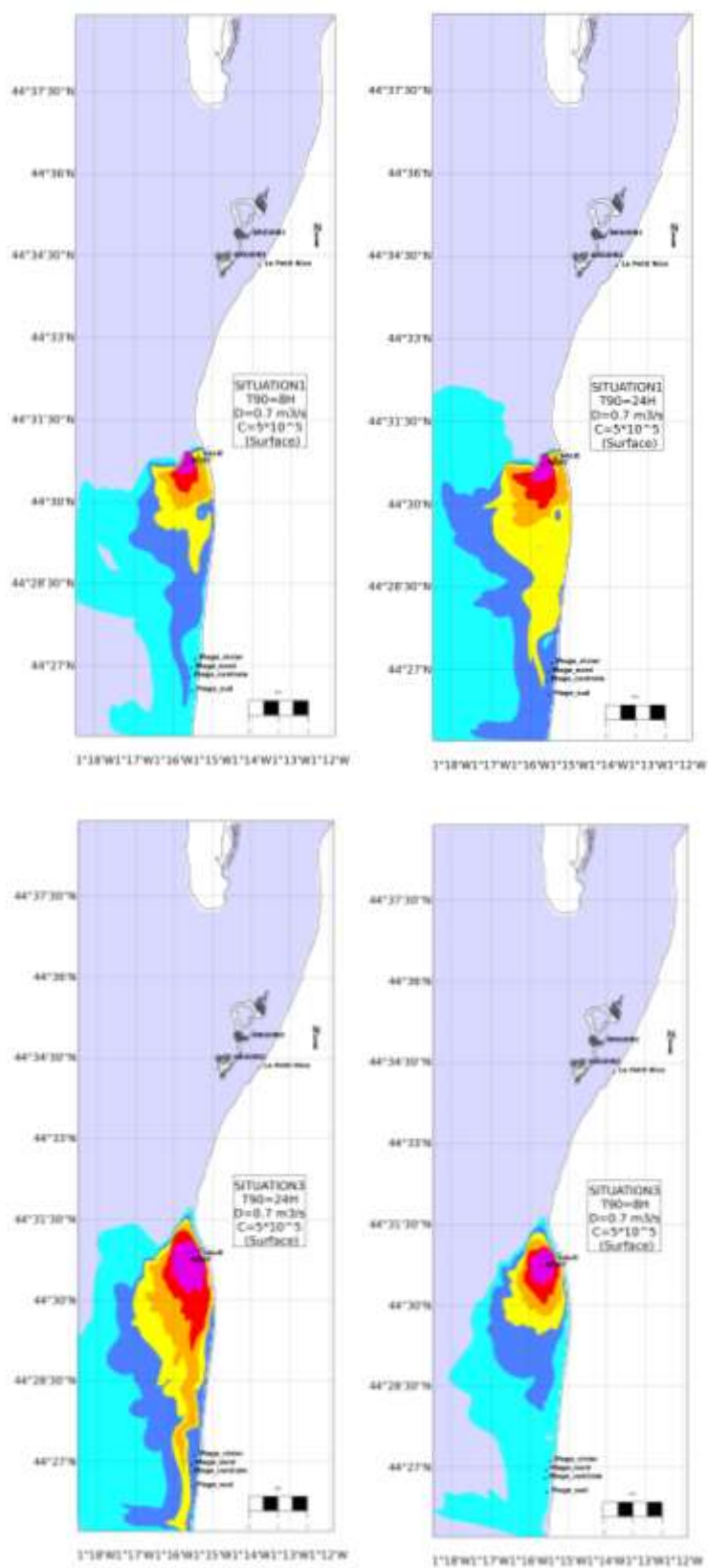


Figure 5-11. Sensibilité des concentrations maximales en E.Coli à la valeur du T90 dans les situations 1 (haut) et 3 (bas).

### 5.3.4 EFFETS DU REJET SUR LES TENEURS EN MER ET LE DEPOT

Les cartes des teneurs maximales en MES et du dépôt, induits par le rejet de la Salie sont présentées dans les annexes au paragraphe 1.3.4.

D'une manière générale, on constate que le rejet de La salie provoque à distance du rejet des concentrations maximales en MES comprise entre 0,1 et 1 mg/L, soit des teneurs qu'on peut qualifier de faibles dans les eaux côtières de l'Atlantique. Les différentes situations testées produisent cependant des formes d'extension des panaches relativement variables.

Les conditions qui comprennent des épisodes de fortes houles (situations 1 et 7) produisent les panaches les plus étendues, ceux-ci s'étirant vers le sud. On comprend dans ces deux cas que l'action des houles a d'une part pour effet de maintenir les particules en suspension (l'absence de dépôt significatif sur les cartes en témoigne) et d'autre part d'emporter les substances vers le sud en provoquant un transit littoral. La forte extension du panache dans la situation 2 est plus surprenante. Rappelons que cette situation est caractéristique du cluster 2, qui se distingue par des vents de sud-est modérée et une houle faible. En réalité comme l'indique les chronologies des conditions météo-océaniques de cette situation (voir paragraphe 1.3 des annexes), cette situation comprend dans sa partie finale un court épisode de fortes houles qui a provoqué une remise en suspension des dépôts et leur transfert momentané vers le sud et un vent de sud/sud-est plus durable qui entraîne les sédiments mobilisés par la houle vers le large.

Les autres situations à houle modérée ou faible (ou comportant un épisode de fortes houles au début de la situation), produisent un panache turbide de très faible emprise (relativement aux autres) et une langue de dépôt qui s'étire vers le sud : les conditions d'agitation ne sont pas suffisantes pour éviter le dépôt partiel du matériel particulaire (qui s'effectue dans le sens général du courant) et/ou provoquer sa remobilisation complète. A noter que les taux de sédimentation obtenus sur ces particules fines représentent des hauteurs annuelles maximales (dès lors qu'on s'éloigne du champ proche) de 0,1 à 0,5 mm/an sur une distance maximale de 700 m.

## 5.4 SIMULATIONS ANNEXES

Le modèle est exploité pour aborder deux questions qui complètent le précédent diagnostic :

- Quelle est l'influence des évolutions bathymétriques récentes à proximité du wharf sur la dispersion en mer des effluents ?
- Quelles seraient les conséquences d'un allongement de la conduite en mer sur la dispersion des effluents ?

### 5.4.1 INFLUENCE DE LA BATHYMETRIE

Un modèle numérique de terrain a été bâti à partir des données bathymétriques de l'année 2006 (source SIBA). On précise que sur les zones non couvertes par ces mesures, les données bathymétriques sont celles qui ont servi à bâtir le MNT de 2014.

L'étude de dispersion concerne exclusivement le traceur conservatif et est basé sur le scénario 5 dont on a pu constater qu'il produisait des panaches s'étendant au nord comme au sud.

Les cartes de dilution sont présentées dans les annexes de ce rapport (paragraphe 1.3.3.5). Manifestement le rejet de La salie a dans la configuration bathymétrique de 2006, une extension plus réduite vers le nord et le sud (dans une mesure moindre) et plus étendue vers l'ouest. Ce résultat pourrait traduire l'effet du rehaussement des fonds depuis 2006 qui aurait pour première conséquence de réduire la dilution à proximité du rejet favorisant ainsi son extension au nord et au sud.

Le tableau ci-dessous qui présente les dilutions obtenues sur les zones sensibles permet de quantifier localement les informations apportées par les cartes.

**Tableau 5-9. Dilutions minimales issues des résultats de la modélisation pour le scénario 5 dans la configuration actuelle et avec la bathymétrie de 2006.**

	Site	ARGUIN1	ARGUIN2	La Lagune	Le petit nice	DCE-ARGUIN	PYLA-LA-CORNICH E	SALIE	WHARF	SALIE-NORD	Plage nord	Plage vivier	Plage centrale	Plage sud
Scénario Météo-océanique	Traceur													
Situation 5	unite	>1000	>1000	405	723	>1000	>1000	54	54	169	246	241	238	259
Situation 5 – Bathy2006	unite	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	67	33	177	263	259	255	313

Il confirme que l'évolution bathymétrique de 2006 à 2014 a pour effet de réduire la dilution à proximité du wharf (stations Salie et Wharf) et de l'accroître sur les plages situées au nord et au sud (plages de Biscarrosse, de La lagune et Le petit Nice).

Il faut toutefois considérer ces résultats avec prudence car comme précisé préalablement, le modèle numérique de terrain ne prend en compte les données bathymétriques de 2006 que dans les zones couvertes par les mesures du SIBA ce qui peut produire des incohérences bathymétriques préjudiciables à la précision du modèle.

### 5.4.2 EFFET D'UN ALLONGEMENT DU WHARF

Une étude de dispersion a été conduite en considérant un allongement de 400 m de la conduite actuelle avec le scénario 5 (avec la bathymétrie actuelle).

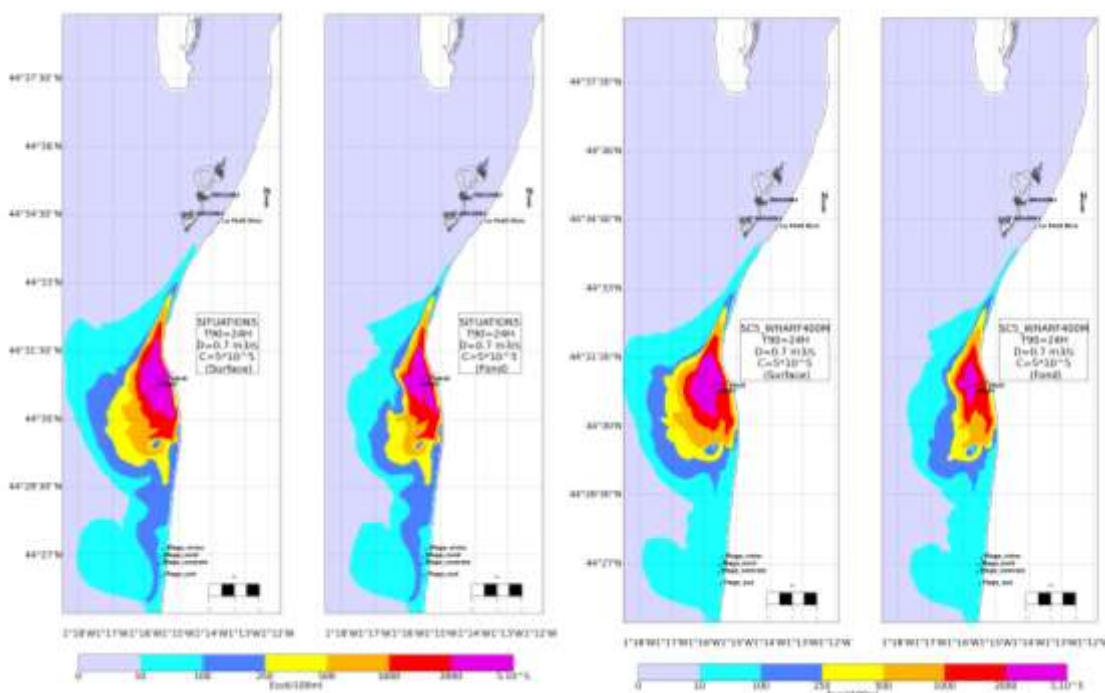
Les cartes de dilution sont présentées dans les annexes du rapport (paragraphe 1.3.3.5). L'allongement de la conduite a premièrement pour effet d'accroître le taux de dilution à la sortie de la conduite : la plage de couleur jaune qui encadre des niveaux de dilution compris entre 10 et 100 est sensiblement moins étendue en surface et au fond avec un wharf allongé de 400 m. Ceci est notamment dû à une

augmentation de la dilution dans le champ proche qui s'effectue sur des profondeurs plus importantes. On remarque également que le panache issu du wharf allongé se développe légèrement plus au nord et moins au sud que celui issu du wharf actuel. On peut expliquer ces différences par le fait que le rejet émis plus au large est moins sous l'emprise des courants impulsés par la houle laquelle a tendance à transférer les effluents vers le sud et plus sous l'emprise des courants dus au vent qui advectent les effluents vers le nord quand le vent souffle des secteurs sud.

Le tableau des dilutions présenté ci-dessous montre que l'allongement du wharf accroît effectivement les dilutions à La Salie et dans la zone de Biscarrosse et les réduit sur Arguin.

Scénario	Traceur	ARGUIN						SALIE			BISCARROSSE			
		ARGUIN1	ARGUIN2	La Lagune	Le petit nice	DCE-ARGUIN	PYLA-LA-CORNICHE	SALIE	WHARF	SALIE-NORD	Plage nord	Plage vivier	Plage centrale	Plage sud
Situation 5	unite	>1000	>1000	405	723	>1000	>1000	54	54	169	246	241	238	259
Situation 5 - Wharf400m	unite	>1000	>1000	343	547	>1000	>1000	181	81	207	325	320	317	355

En complément nous avons étudié la dispersion des E.coli en conditions hivernales avec le wharf allongé. Les cartes de concentrations maximales obtenues avec le wharf actuel et allongé sont présentées ci-dessous.



**Figure 5-12. Concentrations maximales en E.coli induites par le rejet de La Salie avec un T90 de 24h, en situation et hivernale avec le wharf actuel (gauche) et avec le wharf allongé de 400 m (droite) - Résultats issus de la modélisation -**

Les teneurs induites par le wharf allongé de 400 m sur les plages de Biscarrosse sont inférieures à celles obtenues avec le wharf actuel car d'une part les effluents sont moins soumis au courant de houle et d'autre part les transferts entre le wharf et les plages de Biscarrosse sont plus lents (et le T90 a plus le temps d'agir sur les

teneurs en germes). Parallèlement l'allongement du wharf provoque un étirement un peu plus accentué du panache vers le nord entraînant un accroissement cependant très modéré des teneurs sur les côtes au sud et devant le banc d'Arguin, la zone même d'Arguin restant hors d'atteinte du rejet de La Salie.

## 6 CONCLUSIONS

L'influence des rejets de La Salie sur la qualité des eaux littorales a été étudiée au moyen d'un système de modélisation hydrodynamique permettant de calculer les courants et la dispersion en mer des rejets. On précise que ce système de modélisation a pour particularités, en comparaison des précédentes tentatives, de :

- tenir compte des effets de la houle en sus de la marée et du vent, dans le calcul du courant et de la dispersion des rejets ;
- réaliser un calcul hydrodynamique tridimensionnel (représentation des variations selon l'axe vertical) ;
- traiter spécifiquement la dispersion des rejets dans le champ proche ;
- réaliser les calculs de dispersion dans des conditions réalistes de vent, de marée et de houle ;
- représenter dynamiquement les processus de contamination des coquillages.

Le système de modélisation a été vérifié en comparant les calculs du courant à des mesures in situ. Il ressort de cette confrontation que le modèle reproduit fidèlement les courants mesurés dans la passe sud du Bassin d'Arcachon, principalement animés par la marée, et de manière plus qualitative ceux mesurés sur l'estran (sans doute en raison de certaines imprécisions dans le modèle numérique de terrain).

De l'analyse hydrodynamique conduite au moyen du modèle, il découle :

- que les courants de marée décroissent très vite hors des passes extérieures du Bassin d'Arcachon, et sont relativement faibles aux alentours du wharf ;
- que la dérive littorale (courants provoqués par la houle) peut s'avérer très significative sur l'ensemble des côtes avec des vitesses de plus d'1 m/s ;
- la possibilité d'un cisaillement vertical des courants en lien avec l'action du vent.

Les études de dispersion ont été réalisées en considérant trois types de substances, les germes bactériens E.Coli, les Matières En Suspension (MES dans la suite du texte), et un traceur supposé conservatif. Ces différentes substances qui sont advectées et mélangées par les courants ont également des comportements spécifiques, E.Coli est affecté d'un taux de mortalité (T90), les MES s'échangent avec le fond et le traceur conservatif est exclusivement soumis aux processus hydrodynamiques.

En préalable, une analyse a été conduite pour déterminer les conditions de vent, de marée, et de houle, des études de dispersion. La méthode employée (dite des clusters) a permis d'identifier dans les bases de données, des régimes caractéristiques et réalistes couplant vent et houle et portant sur des périodes de 15 jours pour tenir compte aussi des variations du courant liées au cycle lunaire. Précisons que cette technique permet également d'évaluer l'occurrence des régimes caractéristiques. Sa mise en œuvre constitue une autre avancée technique de l'étude du rejet de La Salie.

Les études de dispersion des germes bactériens mettent en évidence qu'en période estivale (alors que le traitement bactérien est actif), la zone d'influence du rejet est très réduite : même sur la côte au droit du rejet, les teneurs induites ne dépassent pas le seuil de 100 E.Coli. Le traitement appliqué sur les concentrations bactériennes permet donc d'éviter toute contamination des zones sensibles.

Les résultats sont assez différents en période hivernale. On remarque une vulnérabilité sensiblement plus élevée des côtes situées au sud du wharf, due à l'entraînement des effluents par la dérive littorale. Cependant, les teneurs en E.Coli obtenues dans les eaux de baignade de Biscarrosse sont très généralement inférieures au seuil de 100 E.Coli/100 mL. On note toutefois la possibilité d'une imprégnation plus forte et durable des eaux au large de ces plages dans certaines conditions de houle et de vent. Les effluents de La Salie effectuent de rares excursions vers le nord (en conditions de vents de secteurs sud et en absence de houle) mais n'atteignent cependant pas la zone d'Arguin dont les coquillages peuvent être considérés comme non vulnérables au rejet.

L'étude de dilution confirme naturellement l'imprégnation plus forte des eaux littorales par les effluents au sud du wharf. Elle montre que dans certaines conditions de vent et de houle, les dilutions minimales du rejet sont comprises entre 300 et 700 devant Biscarrosse. L'interprétation de ces résultats en termes d'impact sur la qualité des eaux littorales du rejet, pourra être déclinée par le SIBA en tenant compte des concentrations initiales des substances dans les effluents rejetés.

Les substances particulières fines rejetées par le Wharf induisent dans tous les cas de figures étudiés, un accroissement des teneurs en MES sensiblement inférieur au bruit de fond naturel, et des dépôts maximaux d'épaisseur inférieure (hors du champ proche) à 0,5 mm.

Les évolutions bathymétriques des fonds depuis 2006 auraient un effet significatif sur la dispersion des effluents du wharf : du fait du rehaussement des fonds devant le wharf et plus au large, les rejets auraient accru légèrement leur influence vers les plages du nord et du sud. Il faut cependant considérer ces résultats avec prudence car le modèle numérique de terrain sur lequel est basée l'étude de la dispersion en 2006 ne prend en compte les évolutions bathymétriques que dans les zones couvertes par les mesures du SIBA.

Un allongement du wharf de 400 m au large augmente la dilution initiale du rejet et modifie quelque peu les conditions hydrodynamiques qui règlent l'étalement en mer du rejet dont les effluents sont ainsi relativement moins soumis au courant impulsé par la houle et légèrement plus à ceux induits par le vent. Il en découle une réduction de l'influence du rejet sur les plages situées au sud, et une remontée légèrement plus accentuée vers les plages du nord.

## 7 BIBLIOGRAPHIE

- [1] UMR EPOC (2009) : Comparaison des peuplements benthiques autour de l'émissaire du Wharf, plage de La Salie, entre 1979 et 2009. Rapport, 30 p.
- [2] SOGREAH (2010) : Etudes de modélisation courantologique et de rejet des effluents du wharf de La Salie. Note de synthèse, 60 p.
- [3] IFREMER (1998) : Synthèse bibliographique sur le rejet en mer de l'effluent mixte urbain-industriel de La Salie – Validation de terrain des résultats obtenus par modélisation mathématique. Rapport DEL/AR/RDN/98/07, 134 p.
- [4] Commission Européenne (2010) : Orientation techniques relatives à l'identification des zones de mélange au titre de l'article 4, paragraphe 4 de la directive 2008/105/CE. Réf. C(2010) 9369, 68 p.
- [5] Leckler F. (2010) : Couplage bi-directionnel SWAN/SEAMER-2D. Rapport de stage Safege/Toulouse III, 77 p.
- [6] HOCER (2008) : Utilisation de Cormix pour Mars. Rapport d'étude (projet GIRAC), 40 p.
- [7] GEO-Transfert/ADERA (2014) : Mesure des courants et des vagues au wharf de La Salie et dans la passe Sud du bassin d'Arcachon – Bilan des données ADV et ADCP collectées. Rapport, 22 p.