

ÉTUDES DE MODELISATION COURANTOLOGIQUE ET DE REJET DES EFFLUENTS DU WHARF DE LA SALIE

NOTE DE SYNTHÈSE

RAPPORT 1 74 1820 – VERSION FINALE

MAI 2010

SOMMAIRE

| | | |
|--------|--|----|
| I. | CONTEXTE | 1 |
| II. | HISTORIQUE DE L'ASSAINISSEMENT DU BASSIN D'ARCACHON | 2 |
| III. | SYNTHESE DES ETUDES PRECEDENTES | 4 |
| 1. | WHARF DE LA SALIE – EVOLUTION DES FONDS (JUN 1991)..... | 5 |
| 1.1. | CONTEXTE | 5 |
| 1.2. | PRINCIPALES CONCLUSIONS | 6 |
| 2. | ETUDE COURANTOLOGIQUE DU REJET EN MER PAR L'INTERMEDIAIRE DU WHARF DE LA SALIE DES EFFLUENTS TRAITES INDUSTRIELS ET URBAINS – RAPPORT (OCTOBRE 1991) | 7 |
| 2.1. | CONTEXTE | 7 |
| 2.2. | MODELISATION COURANTOLOGIQUE..... | 7 |
| 2.2.1. | LOGICIEL EMPLOYE..... | 7 |
| 2.2.2. | CALAGE | 9 |
| 2.2.3. | CONDITIONS HYDRO-METEOROLOGIQUES..... | 9 |
| 2.2.4. | MAREES..... | 9 |
| 2.2.5. | SCENARIOS MODELISEES..... | 9 |
| 2.2.6. | PRINCIPALES CONCLUSIONS..... | 10 |
| 2.3. | MODELISATION DES EFFLUENTS | 11 |
| 2.3.1. | LOGICIEL EMPLOYE..... | 11 |
| 2.3.2. | SIMULATIONS REALISEES | 11 |
| 2.3.3. | PRINCIPALES CONCLUSIONS..... | 12 |
| 3. | ETUDE COURANTOLOGIQUE DU REJET EN MER PAR L'INTERMEDIAIRE DU WHARF DE LA SALIE DES EFFLUENTS TRAITES INDUSTRIELS ET URBAINS – NOTE COMPLEMENTAIRE SUR L'ALLONGEMENT DU WHARF (OCTOBRE 1991)..... | 13 |
| 3.1. | CONTEXTE | 13 |
| 3.2. | MODELISATION COURANTOLOGIQUE ET DE SUIVI DES EFFLUENTS..... | 13 |
| 4. | ETUDE COURANTOLOGIQUE DU REJET EN MER PAR L'INTERMEDIAIRE DU WHARF DE LA SALIE DES EFFLUENTS TRAITES INDUSTRIELS ET URBAINS – ACTUALISATION DE L'ETUDE DE 1991 (NOVEMBRE 1994) | 14 |
| 4.1. | CONTEXTE | 14 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.2. | MODELISATION COURANTOLOGIQUE..... | 14 |
| 4.2.1. | <i>CONDITIONS HYDRO-METEOROLOGIQUES.....</i> | 15 |
| 4.2.2. | <i>PRINCIPALES CONCLUSIONS.....</i> | 15 |
| 4.3. | MODELISATION DES EFFLUENTS..... | 16 |
| 4.3.1. | <i>PRINCIPALES CONCLUSIONS.....</i> | 16 |
| 5. | MODELISATION DE LA DISPERSION DES EFFLUENTS REJETES AU WHARF DE LA SALIE (JUILLET 1997) – ETUDE IFREMER..... | 17 |
| 5.1. | CONTEXTE | 17 |
| 5.2. | MODELISATION COURANTOLOGIQUE..... | 17 |
| 5.2.1. | <i>LOGICIEL EMPLOYE.....</i> | 17 |
| 5.2.2. | <i>MODELE MIS EN ŒUVRE ET BATHYMETRIE ASSOCIEE.....</i> | 18 |
| 5.2.3. | <i>CONDITIONS HYDRO-METEOROLOGIQUES.....</i> | 18 |
| 5.3. | MODELISATION DES EFFLUENTS..... | 19 |
| 5.3.1. | <i>LOGICIEL EMPLOYE.....</i> | 19 |
| 5.3.2. | <i>SIMULATIONS REALISEES.....</i> | 20 |
| 5.3.3. | <i>ANALYSES.....</i> | 21 |
| 5.3.4. | <i>CONCLUSIONS GENERALES.....</i> | 26 |
| 6. | MODELISATION NUMERIQUE DE LA DISPERSION DES REJETS EN MER DU WHARF DE LA SALIE – RAPPORT (MAI 2002) | 27 |
| 6.1. | CONTEXTE | 27 |
| 6.2. | MODELISATION COURANTOLOGIQUE..... | 27 |
| 6.2.1. | <i>LOGICIEL EMPLOYE.....</i> | 27 |
| 6.2.2. | <i>MODELE MIS EN ŒUVRE ET BATHYMETRIE ASSOCIEE.....</i> | 28 |
| 6.2.3. | <i>CALAGE.....</i> | 31 |
| 6.2.4. | <i>CONDITIONS HYDRO-METEOROLOGIQUES.....</i> | 31 |
| 6.2.5. | <i>PRINCIPALES CONCLUSIONS.....</i> | 33 |
| 6.3. | MODELISATION DES EFFLUENTS..... | 34 |
| 6.3.1. | <i>LOGICIEL EMPLOYE.....</i> | 34 |
| 6.3.2. | <i>CARACTERISTIQUES DU REJET ET METHODOLOGIE RETENUE.....</i> | 34 |
| 6.3.3. | <i>PRINCIPALES CONCLUSIONS.....</i> | 36 |
| 7. | MODELISATION NUMERIQUE DE LA DISPERSION DES REJETS EN MER DU WHARF DE LA SALIE SUR LA BASE DES LEVES BATHYMETRIQUES DE 2004/2006 – RAPPORT (AVRIL 2008) | 38 |
| 7.1. | CONTEXTE | 38 |
| 7.2. | MODELISATION COURANTOLOGIQUE..... | 39 |
| 7.2.1. | <i>MODELE MIS EN ŒUVRE ET BATHYMETRIE ASSOCIEE.....</i> | 39 |
| 7.2.2. | <i>ANALYSE DU VENT.....</i> | 42 |
| 7.2.3. | <i>CONDITIONS HYDRO-METEOROLOGIQUES.....</i> | 43 |

| | |
|---|----|
| 7.2.4. CALAGE | 45 |
| 7.2.5. MODELISATION DES EFFLUENTS | 46 |
| 7.2.6. LOGICIEL EMPLOYE..... | 46 |
| 7.2.7. SIMULATIONS REALISEES | 46 |
| 7.2.8. LIMITES | 46 |
| 7.2.9. PRINCIPALES CONCLUSIONS..... | 47 |
| | |
| 8. MODELISATION NUMERIQUE DE LA DISPERSION DES REJETS EN MER DU WHARF DE LA SALIE SUR LA BASE DES LEVES BATHYMETRIQUES DE 2004/2006 –EXTENSION DU WHARF AU LARGE – NOTE TECHNIQUE (SEPTEMBRE 2008)..... | 49 |
| 8.1. CONTEXTE | 49 |
| 8.2. MODELISATION COURANTOLOGIQUE ET MODELISATION DES EFFLUENTS | 49 |
| 8.2.1. PRINCIPALES CONCLUSIONS..... | 49 |
| | |
| IV. SYNTHÈSE..... | 50 |
| | |
| 9. LES LIMITES DE MODELISATION | 50 |
| | |
| 10. ÉVOLUTION DES VENTS | 51 |
| | |
| 11. IMPACT DU VENT SUR LE TRANSPORT DES EFFLUENTS | 52 |
| | |
| 12. ÉVOLUTION DE LA BATHYMETRIE | 54 |
| 12.1. INFLUENCE DES ÉVOLUTIONS DES FONDS SUR LE TRANSPORT DES EFFLUENTS | 56 |
| 12.2. SYNTHÈSE DES ÉTUDES DE DILUTION DES EFFLUENTS DU WHARF | 57 |
| | |
| 13. MISE EN ŒUVRE DES TRAITEMENTS BACTERICIDES | 59 |

oOo

LISTE DES FIGURES

| | | |
|---------------|--|----|
| FIGURE N° 1. | LEVE BATHYMETRIQUE DE 1991 (EXTRAIT)..... | 5 |
| FIGURE N° 2. | EVOLUTION DES FONDS ENTRE 1985 ET 1991 | 6 |
| FIGURE N° 3. | MODELE DU PLATEAU CONTINENTAL (GRANDE EMPRISE) | 8 |
| FIGURE N° 4. | MODELE COTIER (LOCAL) | 8 |
| FIGURE N° 5. | CHAMPS DE COURANT (EXTRAIT) | 10 |
| FIGURE N° 6. | EXCURSION DES EFFLUENTS (EXTRAITS) | 12 |
| FIGURE N° 7. | EVOLUTION DES FONDS ENTRE 1991 ET 1994 | 14 |
| FIGURE N° 8. | EXCURSION DES EFFLUENTS (EXTRAIT) | 16 |
| FIGURE N° 9. | MAILLAGE DU MODELE (EXTRAIT) | 18 |
| FIGURE N° 10. | CONCENTRATION D'UN TRACEUR PASSIF CONSERVATIR DE CONCENTRATION INITIALE 100 UNITE/L (EXTRAIT) | 25 |
| FIGURE N° 11. | MAILLAGE (MODELE 2002)..... | 29 |
| FIGURE N° 12. | BATHYMETRIE ISSUE DES LEVES ET BATHYMETRIE DU MODELE | 30 |
| FIGURE N° 13. | EVOLUTION DU NIVEAU DE L'EAU SUR LA PERIODE MODELISEE. | 31 |
| FIGURE N° 14. | VENTS IMPOSES..... | 32 |
| FIGURE N° 15. | CHAMPS DE COURANTS (EXTRAIT) | 33 |
| FIGURE N° 16. | : EXTRAIT DU MAILLAGE DES MODELES HYDRODYNAMIQUE ET DE QUALITE DES EAUX DU BASSIN D'ARCACHON..... | 39 |
| FIGURE N° 17. | EMPRISE DES LEVES BATHYMETRIQUES UTILISES POUR L'ACTUALISATION DU MODELE..... | 40 |
| FIGURE N° 18. | EVOLUTION DES FONDS ENTRE 2002 ET 2006 | 41 |
| FIGURE N° 19. | CYCLE HYDRODYNAMIQUE REPRESENTE. | 43 |
| FIGURE N° 20. | COMPARAISON DES RELEVES MAREGRAPHIQUES ET DES RESULTATS DE MODELISATION AU NIVEAU D'EYRAC (MAREES DE VIVE-EAU A GAUCHE ET DE MORTE-EAU A DROITE). | 45 |
| FIGURE N° 21. | FIGURE 1 FREQUENCE DES INTENSITES DES VENTS AU CAP FERRET. 51 | |
| FIGURE N° 22. | INFLUENCE DU VENT SUR LE TRANSPORT DES EFFLUENTS..... | 52 |
| FIGURE N° 23. | EVOLUTIONS BATHYMETRIQUES ENTRE 1985 ET 2010..... | 54 |
| FIGURE N° 24. | BATHYMETRIE AU NIVEAU DE LA PASSE SUD ET DU WHARF (2000-2001, 2006 ET 2010)..... | 55 |
| FIGURE N° 25. | IMPACT DE L'EVOLUTION DES FONDS ENTRE 2001 ET 2006 SUR LE TRANSPORT DES EFFLUENTS | 56 |
| FIGURE N° 26. | DILUTIONS MINIMALES..... | 58 |
| FIGURE N° 27. | IMPACT DES TRAITEMENTS BACTERICIDES | 60 |

oOo

I. CONTEXTE

Le SIBA a souhaité la rédaction d'une note de synthèse des études de caractérisation de la courantologie et de suivi des effluents rejetés par le wharf de La Salie réalisées depuis 1991.

Cette note s'accompagne d'un support didactique de présentation de ces études et des modèles mis en œuvre dans le cadre de leur réalisation. Ce support servira de base de communication pour le SIBA à destination d'un grand nombre d'organismes et d'institutions, de manière à faciliter la compréhension des phénomènes liés aux transport et à la dilution des effluents collectés autour du Bassin d'Arcachon, traités puis rejetés via le wharf dans le milieu naturel.

II. HISTORIQUE DE L'ASSAINISSEMENT DU BASSIN D'ARCACHON

Les premières études sur l'assainissement du Bassin ont été entreprises dès 1939, avec la création du groupement d'urbanisme du Bassin d'Arcachon. Ces études ont débouché sur un avant-projet en 1951, qui prévoyait la constitution de quatre groupements intercommunaux, rattachés chacun à une station d'épuration :

- Arcachon – La Teste de Buch
- Biganos – Gujan Mestras – Le Teich
- Audenge – Lanton (moins Taussat)
- Arès – Andernos -les-Bains – Lanton (Taussat)

Rien n'était prévu pour la presqu'île du Cap Ferret, dont le développement ne permettait pas, à l'époque, de présenter une étude valable.

Lorsqu'en 1963, les communes d'Arcachon, La Teste de Buch et Gujan Mestras voulurent passer à l'exécution de ce projet, elles rencontrèrent l'opposition formelle de la profession ostréicole et de son administration de tutelle à tout rejet dans les eaux du Bassin, même après épuration.

Il s'ensuivit un second projet, plus ambitieux, qui reposait sur le ceinturage complet du Bassin, par la création de deux collecteurs, nord et sud, prolongés par des émissaires en mer. Le S.I.A.C.R.I.B.A. était créé le 11 décembre 1964. Le 28 mars 1966, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France donnait un avis favorable à la réalisation du collecteur sud en priorité, de façon à intercepter les rejets de l'usine de la Cellulose du Pin de Facture, dont les eaux industrielles se déversaient au fond du Bassin, via la Leyre, et à les rejeter en mer par l'intermédiaire d'un émissaire dont la longueur ne serait pas inférieure à 4 km.

Le Syndicat, ayant accepté de cautionner cette solution en janvier 1967, fit démarrer en novembre 1967 l'exécution des travaux, confiés au Service des Ponts et Chaussées, comportant trois stations de refoulement liées à un collecteur de 36,5 km reliant l'usine de Facture à la plage de la Salie et desservant une population théorique de 200 000 habitants, évaluée sur les communes du Teich, Gujan Mestras, La Teste de Buch et Arcachon.

Les premiers travaux furent menés rapidement, sans ennuis techniques majeurs apparents. Cependant, la réalisation mise en œuvre s'écartait sensiblement du projet initial par le diamètre de la conduite et par le débit des stations de pompage qui permettaient l'évacuation des eaux usées de l'ensemble des communes du Syndicat et de l'usine, et non plus des quatre collectivités initialement rattachées à la branche sud. Le collecteur sud était fonctionnel en décembre 1970. Les rejets d'effluents de la papeterie dans le Bassin d'Arcachon, via la Leyre, cessaient le 4 janvier 1971.

Les caractéristiques nouvelles données par le maître d'œuvre furent adoptées par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, le 29 novembre 1971. Elles consistaient en la création d'un seul ouvrage de ceinture reliant le Cap Ferret à la maison forestière de la Salie et au rejet à 4 500 m au large des effluents non traités, par un émissaire constitué d'une canalisation ensouillée.

En fait, la difficulté principale rencontrée dans l'assainissement du Bassin d'Arcachon a résidé dans la construction de la canalisation de rejet en mer, qui devait être réalisée parallèlement à la mise en place du collecteur sud. En dépit des sérieuses garanties prises, il s'avéra très vite que

l'entreprise étrangère choisie pour enfouir la canalisation de diffusion des effluents en mer avait mal apprécié l'incidence hostile du milieu marin local sur ses conditions de travail. Ce projet fut abandonné, le diffuseur et 1,5 km de canalisation enfouis au large n'ayant pu être raccordés à la terre. Un émissaire provisoire de 400 m, reportant au-delà de la zone de déferlement les eaux industrielles amenées par le collecteur sud, était mis en service en juin 1971.

Devant les difficultés d'exécution de l'émissaire en mer, les effluents étant temporairement déversés à la côte, le Comité Interministériel d'Action pour la Nature et l'Environnement imposait, le 6 décembre 1972, la construction de stations d'épuration, les effluents urbains et industriels devant subir un traitement primaire avant d'être rejetés en mer.

La solution de l'émissaire court sur pilotis était adoptée lors de la réunion interministérielle tenue le 16 janvier 1973, le traitement primaire des effluents confirmé, dès lors que le rejet à 800 m en mer ne garantissait pas une dilution et un assainissement suffisants par le milieu marin. Le traitement physico-chimique des effluents urbains fut choisi de façon à absorber les fortes variations de population en période estivale. Le Wharf de la Salie était réceptionné au printemps 1974.

En 2002, le Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon est devenu le Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon.

Le Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon a donc mis en place un vaste réseau d'assainissement des eaux usées et industrielles issues des dix communes du Bassin d'Arcachon. Ce réseau est composé d'un réseau principal alimenté par deux collecteurs, un nord regroupant les six communes du nord du bassin (Lège Cap-Ferret, Arès, Andernos-les-Bains, Lanton, Audenge et Biganos) et un sud qui transporte et rejette à l'océan les effluents traités provenant du collecteur nord, ceux de la papeterie SMURFIT – La Cellulose du Pin située sur la commune de Biganos et ceux des quatre communes du sud du bassin (Le Teich, Gujan-Mestras, La Teste-de-Buch et Arcachon). Les eaux usées du bourg et de la base aérienne de Cazaux sont également injectées dans ce collecteur après traitement.

Les évolutions morphodynamiques fortes observées au niveau des passes d'entrée du bassin et des différents bancs et hauts-fonds possèdent une influence forte sur le comportement hydrodynamique du Bassin d'Arcachon et aux abords du wharf. Le devenir des effluents rejetés par le wharf de La Salie est donc fortement contraint par les conditions hydrodynamiques extérieures, modifiées en permanence par les évolutions constantes des fonds sur ces secteurs.

La proximité de zones de baignade surveillée et de zones de cultures conchylicoles impose une surveillance de l'impact de ce rejet sur la qualité des eaux de la part du SIBA.

Afin de disposer d'éléments mis à jour concernant l'impact des rejets du wharf de La Salie sur la qualité des eaux marines du bassin d'Arcachon (prise en compte de bathymétries récentes), le Syndicat Mixte du Bassin d'Arcachon a confié à SOGREAH différentes études de modélisation courantologique et de suivi des effluents rejetées de manière à connaître et suivre au cours du temps l'évolution de ces rejets et de quantifier leur éventuelle influence au niveau des différents secteurs sensibles (zones de baignades et zones conchylicoles).

oOo

III. SYNTHÈSE DES ÉTUDES PRÉCEDENTES

La liste des études recueillies et analysées dans le cadre de cette note de synthèse est la suivante :

- Wharf de La Salie – Evolution des fonds (juin 1991),
- Etude courantologique du rejet en mer par l'intermédiaire du wharf de La Salie des effluents traités industriels et urbains – Rapport (octobre 1991),
- Etude courantologique du rejet en mer par l'intermédiaire du wharf de La Salie des effluents traités industriels et urbains – Note complémentaire sur l'allongement du wharf (octobre 1991),
- Etude courantologique du rejet en mer par l'intermédiaire du wharf de La Salie des effluents traités industriels et urbains – Actualisation de l'étude de 1991 (novembre 1994),
- Modélisation numérique de la dispersion des rejets en mer du wharf de La Salie – Rapport (mai 2002),
- Modélisation numérique de la dispersion des rejets en mer du wharf de La Salie sur la base des levés bathymétriques de 2004/2006 – Rapport (avril 2008),
- Modélisation numérique de la dispersion des rejets en mer du wharf de La Salie sur la base des levés bathymétriques de 2004/2006 –Extension du wharf au large – Note technique (septembre 2008).

Chaque étude est analysée et synthétisée de la manière suivante :

- Titre et date de rendu du rapport final
- Contexte
- Modélisation courantologique
 - Logiciel employé
 - Modèle mis en œuvre et bathymétrie associée
 - Conditions hydro-météorologiques représentées
 - Principales conclusions
- Modélisation des effluents
 - Logiciel employé
 - Modèle mis en œuvre et bathymétrie associée
 - Conditions hydro-météorologiques prises en compte
 - Principales conclusions

Les questions et remarques amenées au cours de l'analyse des anciennes études, avec la vision actuelle de la problématique, sont présentées sous la forme suivante :



*Guide de lecture.
Questions et remarques diverses*

1. WHARF DE LA SALIE – EVOLUTION DES FONDS (JUN 1991)

1.1. CONTEXTE

Dans le cadre du suivi bathymétrique des fonds au voisinage et sous le wharf de La Salie, le SIBA a chargé SOGREAH de réaliser deux levés bathymétriques au niveau du wharf et d'en assurer l'interprétation.

Ces levés ont été sous-traités au Service Hydrographique du Port Autonome de Bordeaux. Ils couvrent ;

- une zone de 4 km de large (3 km au nord et 1 km au sud du wharf) jusqu'aux fonds de -20 m CM (1/10 000), réalisés en mars 1991,
- une bande de 200 m de part et d'autre du wharf (1/1 000), réalisés en septembre 1990.

Ces levés sont comparés aux levés existants, à savoir :

- levés bathymétriques de 1968, 1973 et 1979 (SOGREAH),
- levés mensuels sous le wharf (SIBA).

Cette étude ne comporte pas de phase de modélisation, mais a été à l'origine des études décrites dans la suite de cette note.

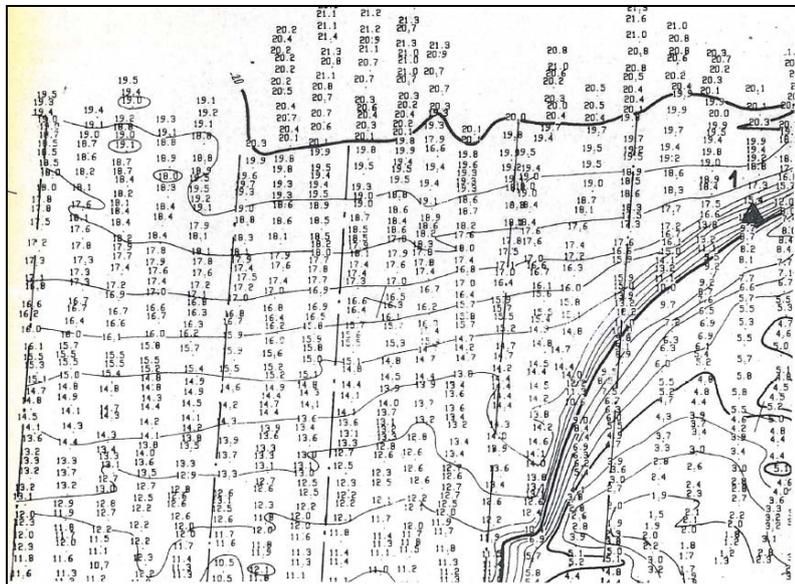
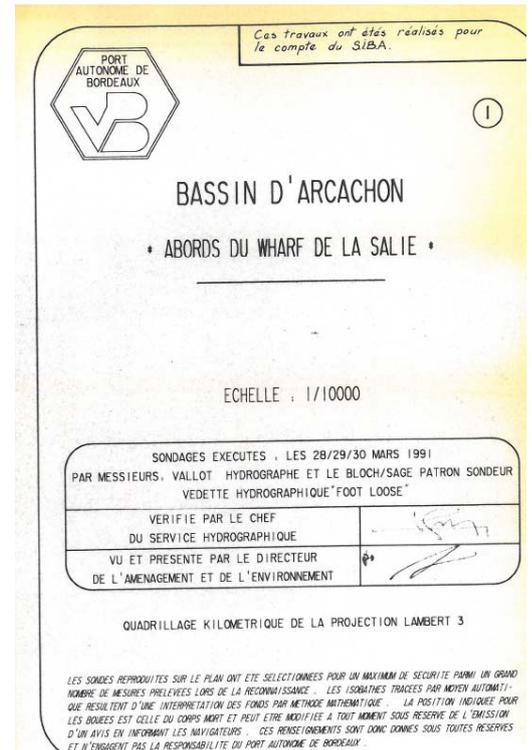


Figure N° 1. LEVE BATHYMETRIQUE DE 1991 (EXTRAIT)



Cette étude est une étude basée uniquement sur l'analyse de l'évolution des fonds au niveau du wharf. Elle a été suivie par une série d'études de modélisation traitant de la courantologie et du suivi des effluents du wharf de La Salie détaillées dans la suite de cette note de synthèse.

1.2. PRINCIPALES CONCLUSIONS

La comparaison des levés bathymétriques de 1991 est réalisée avec ceux de 1985.

Elle montre une remonté des fonds au nord du wharf. Le talus situé entre -10 et -5 m CM s'avance vers le sud. En 1985, il se situait à 800 m environ au nord du wharf et en 1991, il se trouve à 300 m. L'avancée de ce talus est comprise entre 90 et 100 m / an en direction du sud.

Cette remonté s'explique par la migration de la passe sud en direction du sud, combinée à l'érosion du Banc du Pineau.

L'évolution de la passe sud s'accompagne d'un changement d'orientation de son extrémité coté large : d'ouest – ouest-sud-ouest en 1985 (perpendiculaire à la cote) à sud en 1991 (parallèle à la cote). L'extrémité de la passe a progressé plus rapidement vers le sud que la passe elle-même.

Cette évolution des fonds se traduira par un rehaussement des fonds au niveau du wharf dans les 3 ans. Les fonds devraient atteindre les cote de -3 / -5 m CM, et ce pour plusieurs années au moins (une à deux décennies).

Cette configuration des fonds a déjà été observée entre 1923 et 1940 environ.

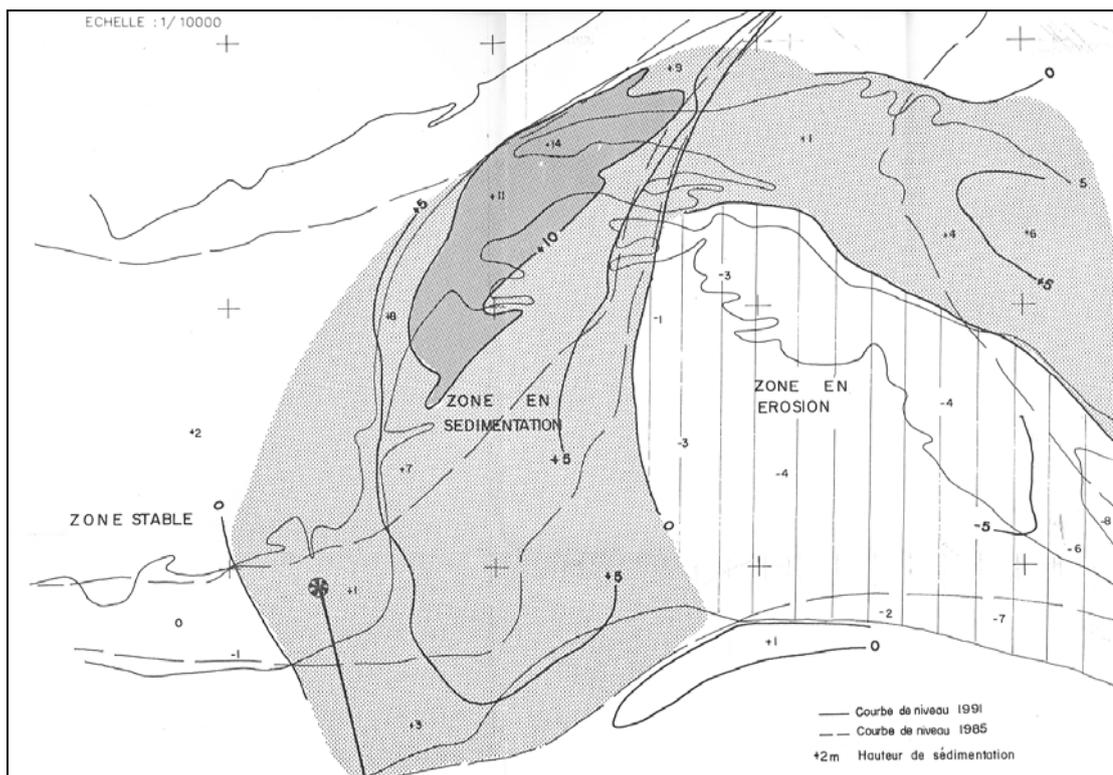


Figure N° 2. EVOLUTION DES FONDS ENTRE 1985 ET 1991



Cette analyse s'est-elle avérée correcte et a-t-on bien observé cette rehausse des fonds sur ce secteur de manière durable depuis 1991 ?

En 2010, soit près de deux décennies après cette étude, quel est le fonctionnement morpho-dynamique de la zone ?

L'analyse comparée des bathymétries du secteur sur la période 1985-2010 réalisée et présentée en synthèse de cette note apporte les réponses à ces interrogations.

2. ETUDE COURANTOLOGIQUE DU REJET EN MER PAR L'INTERMEDIAIRE DU WHARF DE LA SALIE DES EFFLUENTS TRAITES INDUSTRIELS ET URBAINS – RAPPORT (OCTOBRE 1991)

2.1. CONTEXTE

Suite à l'analyse de l'évolution morphologique de la passe sud et des abords du wharf de l'étude de juin 1991, le SIBA a souhaité connaître l'impact de ces modifications sur la dispersion des effluents issus du wharf. Il a pour cela confié à SOGREAH une étude de modélisation courantologique du rejet en mer des effluents.

Cette étude se déroule en deux phases :

- Etude courantologique, intégrant l'influence des marées et du vent,
- Etude de convection/dispersion des effluents.

2.2. MODELISATION COURANTOLOGIQUE

2.2.1. LOGICIEL EMPLOYE

Le logiciel employé dans le cadre de cette étude est CYTHERE ES1, développé dans les années 1980-1985 par LNH-EDF et SOGREAH et basé sur le principe des différences finies (abandonné aujourd'hui). Modèle mis en œuvre et bathymétrie associée

Deux modèles sont mis en œuvre dans le cadre de l'étude : un modèle de grande emprise (Golfe de Gascogne) servant à fournir les conditions aux limites à un modèle local (variations du niveau de marée aux frontières maritimes du modèle local). Ces modèles sont composés de mailles rectangulaires de tailles variables.

Le modèle de grande emprise est composé de 56x97 mailles de 5 km de côté. Le modèle local ou côtier est composé de 37 lignes selon X et de 54 lignes selon Y, respectivement de tailles comprises entre 3 000 et 250 m et 1 500 et 400 m. Au total, le modèle fait donc 2 000 points de calculs environ (partie terrestre incluse).



On se situe à cette époque aux premières heures de la modélisation hydrodynamique. Ce modèle est le premier modèle hydrodynamique du Bassin d'Arcachon à notre connaissance.

Une représentation graphique de ces deux modèles est présentée sur les figures suivantes.

Deux états des fonds du Bassin ont été modélisés dans cette étude :

- fonds de 1972,
- fonds de 1991.

Les données bathymétriques sont issues des cartes SHOM 6 776 (1/48 000) et 7 070 (1/150 000) ainsi que des plans de sondage bathymétriques du PAB pour les passes et les abords du wharf, datant de 1972 et de 1991 (1/20 000).

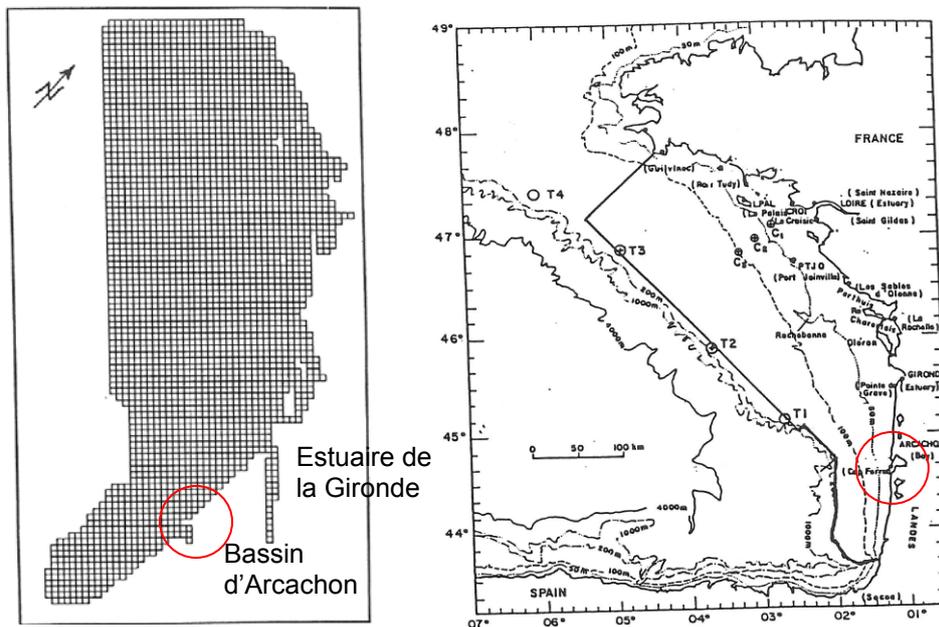


Figure N° 3. MODELE DU PLATEAU CONTINENTAL (GRANDE EMPRISE)

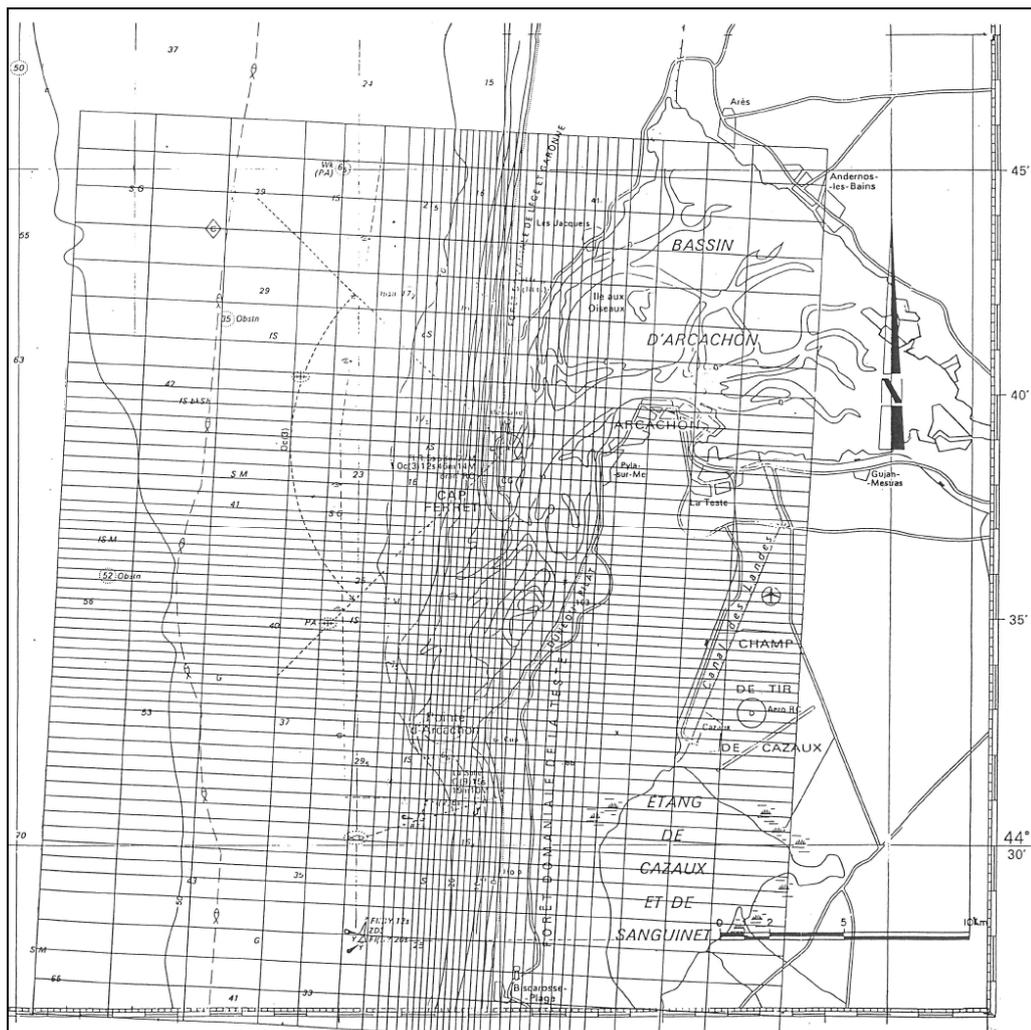


Figure N° 4. MODELE COTIER (LOCAL)

2.2.2. CALAGE

Un calage du modèle côtier est réalisé par comparaison avec les éléments disponibles dans les rapports d'étude LCHF de 1968 pour le compte du département de la Gironde (Service Maritime des Ponts et Chaussées) et de 1977 réalisés pour le compte du SIBA et du CETE.

Ce calage est peu satisfaisant du fait du manque d'informations disponibles sur la marée retenue et sur les mesures disponibles.

2.2.3. CONDITIONS HYDRO-METEOROLOGIQUES

2.2.3.1. VENT

Les conditions de vent sur le secteur d'étude sont analysées à partir des données Météo-France au sémaphore du Cap Ferret. Cette analyse présente l'étude statistique des vents sur 25 années (1955 – 1980).

Elle conduit à retenir un vent de sud-ouest (N220) d'intensité 10 m/s comme vent de référence. Cette condition de vent représente 1,2% des conditions observées.

Ce vent est imposé de manière constante lors des simulations réalisées.



*Une analyse statistique des vents au sémaphore du Cap Ferret sur la période 1986 – 2005 a été réalisée en 2006.
La comparaison de ces deux analyses est présentée à la fin de cette note et permet de mettre en évidence les variations sur les conditions météorologiques observées entre ces deux périodes..*

2.2.4. MAREES

Deux marées sont retenues pour être modélisées dans le cadre de cette étude : une marée de morte-eau et une marée de vive-eau. Les coefficients associés à ces marées ne sont pas indiqués.



A noter qu'en 1991, les puissances de calculs ne permettent pas la modélisation de cycles de marées complets morte-eau / vive-eau comme cela est possible actuellement. Les calculs hydrodynamiques se limitent alors à la représentation d'une seule marée.

2.2.5. SCENARIOS MODELISEES

Au total, cinq scénarios, combinant état bathymétriques, conditions de vent et de marée, ont été modélisés :

- 1 - marée de vive-eau, sans vent, pour les fonds de 1972,
- 2 - marée de vive-eau, avec vent de sud-ouest, pour les fonds de 1972,
- 3 - marée de morte-eau, avec vent de sud-ouest, pour les fonds de 1972,
- 4 - marée de vive-eau, avec vent de sud-ouest, pour les fonds de 1991,
- 5 - marée de morte-eau, avec vent de sud-ouest, pour les fonds de 1972,

Le premier calcul sert à la validation du modèle et les quatre suivant à l'étude de l'influence de l'évolution de la bathymétrie sur la courantologie au niveau de la zone d'étude.

 *Les phénomènes hydro-météorologiques modélisés pris en compte dans cette première modélisation hydrodynamique (vent et marée astronomique), générateurs des conditions hydrodynamiques, sont ceux retenus dans toutes les études de modélisation réalisées depuis pour le compte du SIBA sur cette thématique et détaillées dans cette note.*

2.2.6. PRINCIPALES CONCLUSIONS

L'influence du vent de sud-ouest est la suivante :

- à la cote, ce vent génère une diminution de l'amplitude du marnage (- 45 cm environ en VE),
- au large, les effets du vent sont les plus importants : le courant de giratoire sans vent passe des directions NO, N ou NE en présence de vent.

Les modifications bathymétriques observées entre 1972 et 1991 se situent essentiellement au niveau des passes du Bassin ; il faut retenir les points suivants :

- ouverture importante de la passe nord,
- déplacement vers le sud de la passe sud (rapprochement du débouché de la passe sud et du wharf),
- évasement du débouché de la passe sud.

Ces modifications bathymétriques se traduisent par les impacts suivants sur la courantologie :

- augmentation des courants dans la passe nord,
- augmentation des courants devant le wharf,
- diminution globale des courants dans la passe sud (évasement du débouché et ouverture de la passe nord).

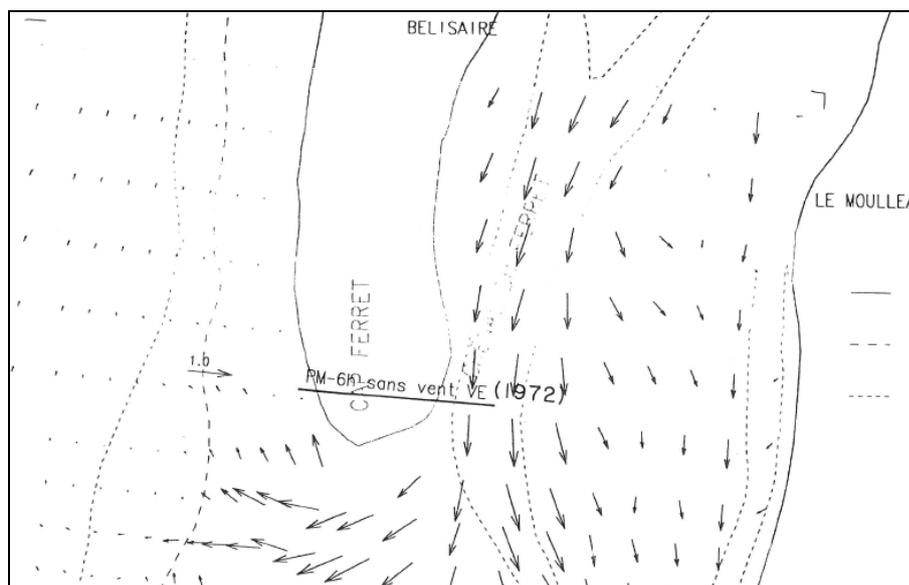


Figure N° 5. CHAMPS DE COURANT (EXTRAIT)

2.3. MODELISATION DES EFFLUENTS

2.3.1. LOGICIEL EMPLOYE

Le logiciel employé est ARGOS, qui représente l'excursion des effluents à partir des champs de courant précédemment calculés. Ce modèle de convection/diffusion utilise le même maillage de calcul que le modèle hydrodynamique de courantologie (modèle côtier).

| | |
|---|---|
|  | <p><i>Bien que les termes d'effluent et de traceur soient retenus dans le rapport de cette étude, seul le transport par les courants de marée est représenté dans ce calcul de suivi réalisé. La notion de dispersion (et donc d'emprise spatiale des rejets) n'est pas intégrée par ce logiciel.</i></p> <p><i>Les calculs menés consistent à déterminer le déplacement d'un flotteur fictif à partir de différents instants pendant 2 marées.</i></p> |
|---|---|

2.3.2. SIMULATIONS REALISEES

Le rejet des effluents a été simulé par un rejet continu dans le temps. Le traceur est supposé conservatif ; c'est-à-dire qu'il ne se dégrade pas dans le temps.

L'excursion des effluents a été modélisée :

- pour deux conditions hydrodynamique : marée de morte-eau et marée de vive-eau, toutes deux en présence d'un vent de sud-ouest constant de 10 m/s,
- et pour deux conditions des fonds : 1972 et 1991.

, soit quatre calculs au total.

| | |
|---|--|
|  | <p><i>A noter que le vent imposé ici est constant sur l'ensemble de la simulation (2 marées), ce qui ne correspond pas à une situation réaliste.</i></p> |
|---|--|

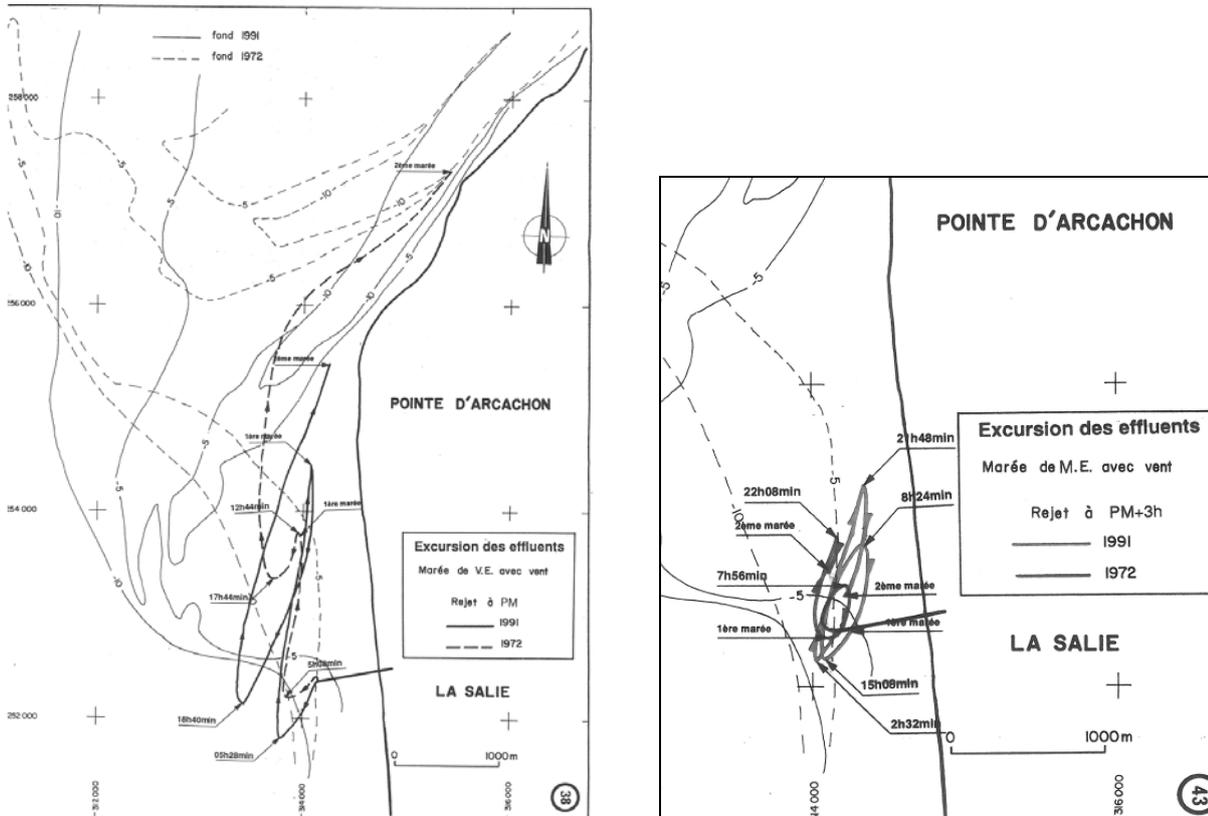


Figure N° 6. EXCURSION DES EFFLUENTS (EXTRAITS)

2.3.3. PRINCIPALES CONCLUSIONS

Les conclusions de ces calculs de suivi sont les suivantes :

- l'extension est moindre en morte-eau qu'elle ne l'est en vive-eau,
- en morte-eau, le rejet ne remonte pas dans les passes pour les configurations des fonds 1972 et 1991,
- en vive-eau, la remonté dans les passes est moindre pour la configuration des fonds 1991 que pour les fonds de 1972,
- la modification des courants aux abords du wharf permet une meilleure dilution des effluents pour les fonds de 1991 que pour ceux de 1972,
- dans l'état 1991, la tache est piégée dans le chenal sud, le long du littoral, et intéresse une zone qui ne l'est pas dans l'état 1972.

Pour la situation 1991, la tache se situe plus près du littoral et stagne entre le wharf et la pointe d'Arcachon, alors que pour l'état 1972, la tache se situait plus loin du littoral, mais avec un risque de remonté dans la passe sud plus grand.

Il convient de s'attendre pour la situation 1991 à une dégradation des eaux le long du littoral entre la pointe d'Arcachon et le sud de la passe sud.



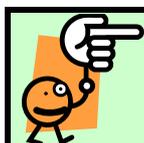
Une analyse similaire est menée pour les fonds de 2000-2001 et ceux de 2006, avec des outils de modélisation plus fins. Elle est présentée en synthèse de cette note.

3. ETUDE COURANTOLOGIQUE DU REJET EN MER PAR L'INTERMEDIAIRE DU WHARF DE LA SALIE DES EFFLUENTS TRAITES INDUSTRIELS ET URBAINS – NOTE COMPLEMENTAIRE SUR L'ALLONGEMENT DU WHARF (OCTOBRE 1991)

3.1. CONTEXTE

A la suite de l'étude courantologique, le SIBA a mandaté SOGREAH pour la réalisation d'une analyse sur un éventuel rallongement du wharf de La Salie.

Une méthodologie de modélisation similaire à celle employée pour l'étude courantologique est reprise pour le test de trois longueurs d'allongement du wharf dans son prolongement actuel ; 500, 1 000 et 1 500 mètres.



L'étude de l'allongement du wharf de 1 000 m pour la configuration des fonds 2004-2006 a été réalisée en 2008. La comparaison entre les conclusions de cette étude et de celle de 2008 est présentée à la fin de cette note.

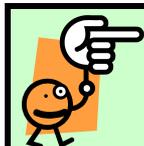
3.2. MODELISATION COURANTOLOGIQUE ET DE SUIVI DES EFFLUENTS

Le modèle employé est le même que celui mis en œuvre dans le cadre de l'étude courantologique.

Deux conditions hydrométéorologiques ont été modélisées : morte-eau et vive-eau, toutes deux avec un vent de sud-ouest de 10 m/s.

L'analyse des résultats de modélisation permet de mettre en évidence les trois points suivants :

- les scénarios d'allongement du wharf étudiés permettent de soulager les plages aux abords du wharf,
- pour améliorer la situation des plages aux abords de la pointe d'Arcachon, il convient d'allonger le wharf d'au moins 1 000 m, un allongement de 1 500 m donnant des résultats plus probants. Un allongement de 500 mètres du wharf ne donne pas de modifications significatives sur ce secteur par rapport à la configuration actuelle,
- le fait d'allonger le wharf de 1 000 m ou plus permet d'augmenter la dilution des effluents, ceux-ci étant rejetés plus vers le large, aussi bien en morte-eau qu'en vive-eau. La trajectoire suivie par les effluents rejetés est alors telle qu'en s'éloignant à l'ouest et en remontant au nord, les effluents seraient alors soumis au déferlement de la houle sur les hauts-fonds bordant la passe sud. La dilution dans l'océan serait alors grandement augmentée, garantissant une meilleure dissipation des effluents.



A noter que cette dernière remarque se base uniquement sur l'analyse de la trajectoire suivie par un flotteur lâché du wharf et sur la connaissance des secteurs de déferlement de la houle. La modélisation de la dilution des effluents n'est pas réalisée dans cette étude.

4. ETUDE COURANTOLOGIQUE DU REJET EN MER PAR L'INTERMEDIAIRE DU WHARF DE LA SALIE DES EFFLUENTS TRAITES INDUSTRIELS ET URBAINS – ACTUALISATION DE L'ETUDE DE 1991 (NOVEMBRE 1994)

4.1. CONTEXTE

Suite aux évolutions bathymétriques observées entre 1991 et 1994 dans les passes et aux abords du wharf, le SIBA a confié à SOGREAH l'actualisation de l'étude courantologique réalisée en 1991.

4.2. MODELISATION COURANTOLOGIQUE

La méthodologie employée dans le cadre de cette étude est celle mise en œuvre dans le cadre de l'étude courantologique de 1991.

La bathymétrie des fonds intégrée provient des plans de sondages du PAB en 1994 aux abords et dans la passe sud.

L'évolution bathymétrique observée entre 1972 et 1991 se poursuit :

- orientation du débouché de la passe sud selon une direction nord-sud (parallèle à la cote),
- un déplacement vers le sud-est du débouché de la passe sud, ce qui conduit à un rapprochement de celui-ci vers le wharf,
- un étalement vers le sud du talus sous-marin situé en 1991 juste au nord du wharf.

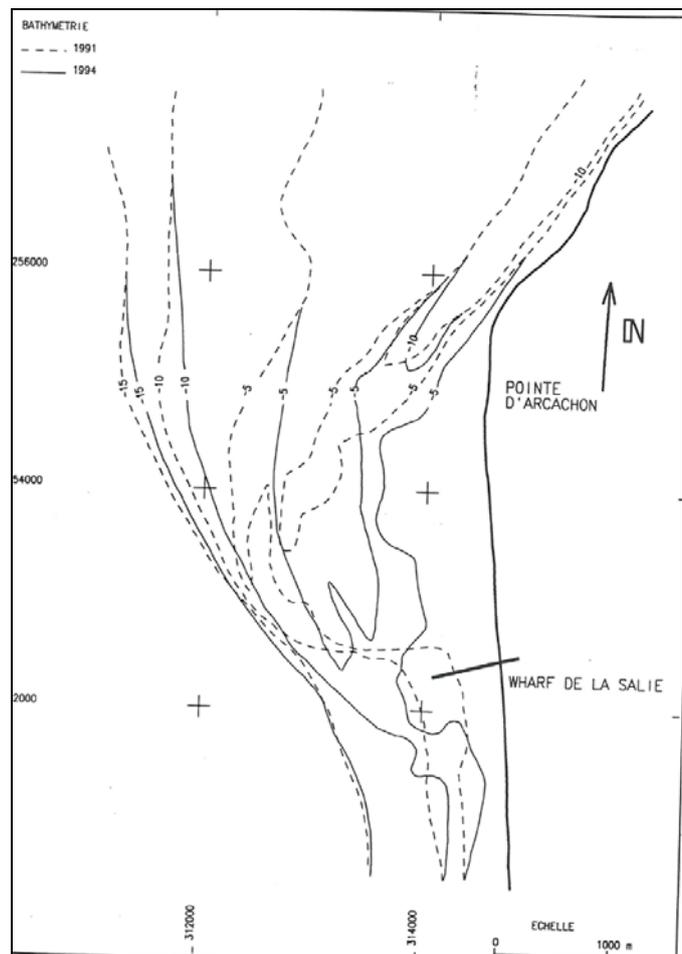
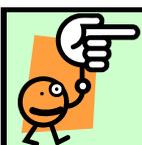


Figure N° 7. EVOLUTION DES FONDS ENTRE 1991 ET 1994



*Cette étude est réalisée sur une méthodologie similaire à celle employée pour l'étude de 1991.
Les remarques associées à l'étude précédente sont donc toujours valables pour celle-ci.*

4.2.1. CONDITIONS HYDRO-METEOROLOGIQUES

Les conditions de marée retenues sont les mêmes que celles utilisées lors des études précédentes (marées de morte et de vive-eau).

Deux conditions de vent sont prises en compte dans le cadre de cette étude d'actualisation :

- vent de sud-ouest de 10 m/s (identique aux études précédentes) pour étudier la remontée des effluents vers le Bassin,
- vent de nord-ouest de 10 m/s pour identifier l'incidence du rejet sur la zone de Biscarrosse.

Les scénarios modélisés sont les suivants :

- 6 - marée de morte-eau, avec vent de sud-ouest, pour les fonds de 1994,
- 7 - marée de vive-eau, avec vent de sud-ouest, pour les fonds de 1994,
- 8 - marée de morte-eau, avec vent de nord-ouest, pour les fonds de 1991,
- 9 - marée de vive-eau, avec vent de nord-ouest, pour les fonds de 1991,
- 10 - marée de morte-eau, avec vent de nord-ouest, pour les fonds de 1994,
- 11 - marée de vive-eau, avec vent de nord-ouest, pour les fonds de 1994.

, soit six calculs.

4.2.2. PRINCIPALES CONCLUSIONS

L'analyse comparée des résultats de modélisation courantologique permet de montrer que :

- La modification de la bathymétrie entre 1991 et 1994 se traduit par une augmentation des courants aux abords du wharf de La Salie et n'a qu'une faible incidence sur les courants dans la passe sud,
- Les différentes directions du vent modifient les champs de courant surtout au large, au-delà des trajectoires observées dans la seconde phase de l'étude.

4.3. MODELISATION DES EFFLUENTS

La méthodologie et le logiciel employés dans cette phase sont identiques à ceux mis en œuvre dans le cadre des études précédentes. Les simulations courantologiques réalisées dans le cadre de l'étude sont utilisées comme support à l'étude de suivi des rejets.

4.3.1. PRINCIPALES CONCLUSIONS

Les conclusions des analyses des résultats obtenus sont les suivantes :

- la situation 1994 autorise des remontés vers le nord moins importantes et des descentes vers le sud plus importantes que pour l'état 1991,
- lors des excursions vers le sud dans la situation 1994, les effluents ont tendance à aller plus au sud au cours de la deuxième marée que pendant la première,
- les effluents se situent globalement plus près du littoral dans la situation 1994 que dans l'état 1991,
- l'étendue des excursions pour la marée de vive-eau est plus importante dans la situation 1994 que dans l'état 1991.

Pour la situation 1994, les risques de remonté des effluents dans la passe d'entrée sud sont moins importants que ceux pour la configuration 1991.

Par contre, ils le sont plus pour les excursions vers le sud, sans atteindre, au cours des deux marées, les plages de Biscarrosse. Dans ce cas, la trajectoire des effluents est éloignée du littoral.

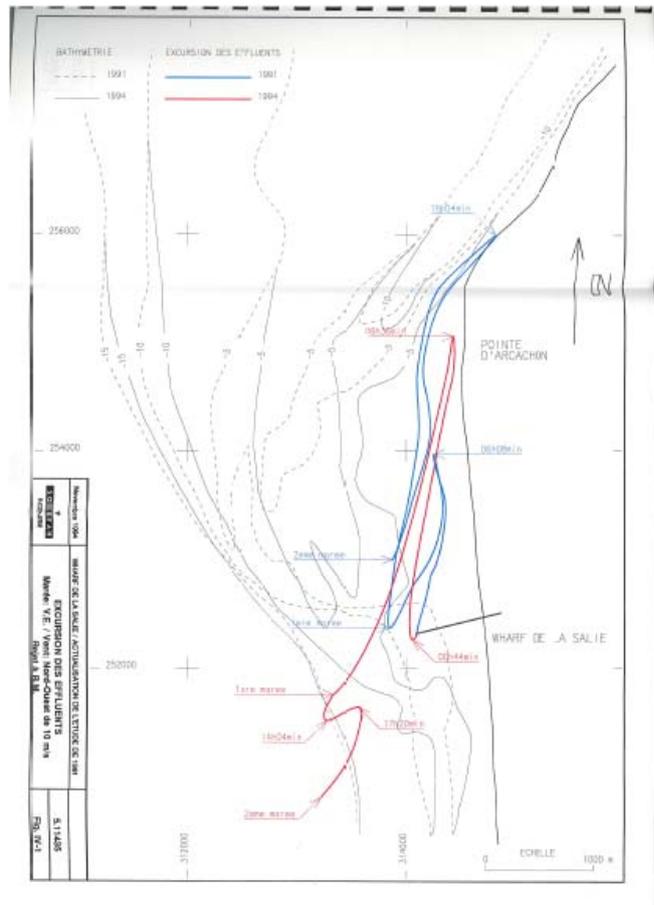
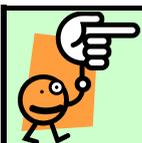


Figure N° 8. EXCURSION DES EFFLUENTS (EXTRAIT)



Les modifications bathymétriques observées continuent à limiter la remonté des effluents vers le nord et les rapproche des côtes. Les tendances déterminées entre 1972 et 1991 se poursuivent donc entre 1991 et 1994.

Il faut cependant souligner que les courants induits par la houle ne sont pas pris en compte dans cette étude. Le cas d'une houle de nord-ouest tendrait à pousser les effluents vers la côte.



L'influence de la houle sur le transport des effluents n'a jamais été intégrée dans les modélisations réalisées pour le SIBA. En bordure littorale, l'influence de celle-ci peut être prépondérante par rapport à celle des courants de marée.

5. MODELISATION DE LA DISPERSION DES EFFLUENTS REJETES AU WHARF DE LA SALIE (JUILLET 1997) – ETUDE IFREMER

5.1. CONTEXTE

L'objectif général de cette étude, confiée par le Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon (SIBA) au laboratoire IFREMER d'Arcachon, est de simuler la dispersion du panache de l'effluent de La Salie sous diverses conditions de vent et de marée, afin d'obtenir les concentrations de ces composants de l'effluent dans le champ proche et le champ lointain.

5.2. MODELISATION COURANTOLOGIQUE

5.2.1. LOGICIEL EMPLOYE

Le modèle numérique utilisé a été réalisé à l'IFREMER (centre de Brest) par Jean-Claude SALOMON. Dans le modèle initial, les courants dépendent uniquement des phénomènes de marée et de la bathymétrie du secteur étudié. Par ailleurs, les conditions de vent s'exerçant sur la zone peuvent être introduites dans les simulations et influencer sur les courants. Les phénomènes de marée sont bien connus et modélisés.



Cette étude est la première étude réalisée avec des logiciels mathématiques «modernes» toujours utilisés en 2010. Les versions actuelles de ces logiciels intègrent quelques évolutions par rapport à celles utilisées en 1997.

5.2.2. MODELE MIS EN ŒUVRE ET BATHYMETRIE ASSOCIEE

Ce modèle possède une maille carrée de 250 m de côté et une emprise de 35 km sur 25,5 km, incluant une large zone océanique. Il fournit, à chaque maille et à tout instant, la hauteur d'eau et les composantes directionnelles du courant (modèle bidimensionnel). Il décrit les mouvements des masses d'eau dans un plan horizontal, correspondant à la moyenne des courants sur l'ensemble de la hauteur d'eau.

Les bathymétries utilisées sont celles effectuées par Jacky L'YAVANC en 1992-1993 pour la partie interne du Bassin d'Arcachon, celles du Port Autonome de Bordeaux, en 1987 pour le delta de l'Eyre et en 1991-1993 pour les passes, celles du SHOM pour la partie océanique. Une actualisation de la bathymétrie dans le secteur de La Salie a été effectuée à partir des sondages du Port Autonome de Bordeaux de 1996.

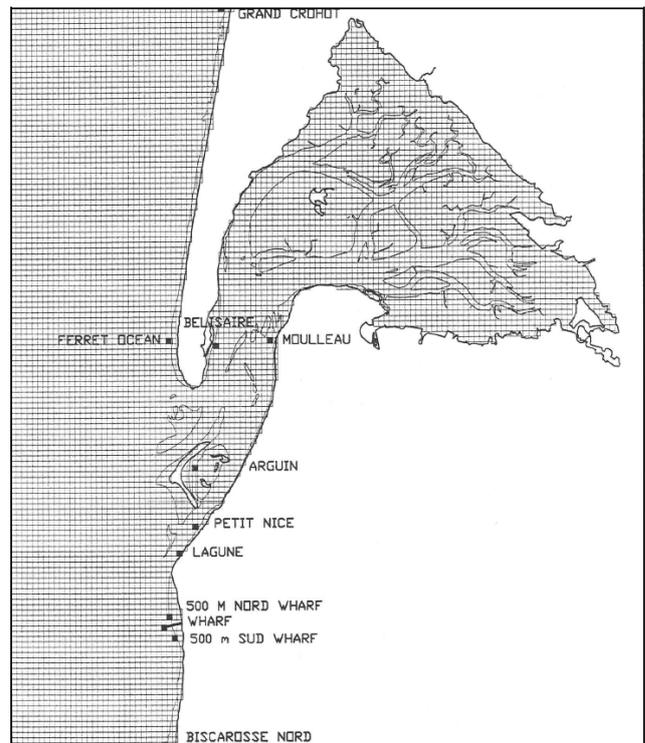


Figure N° 9. MAILLAGE DU MODELE (EXTRAIT)

5.2.3. CONDITIONS HYDRO-METEOROLOGIQUES

Six situations ont été modélisées. Elles correspondent à deux coefficients de marée, l'un de vives eaux (coefficient 95), l'autre de mortes eaux (coefficient 45), et à trois conditions de vent.

En dehors de la situation "absence de vent", modélisée comme situation de référence, deux situations de vent, caractéristiques des conditions les plus couramment observées de la saison estivale et de la saison hivernale, ont été déterminées.

Pour l'hiver, un vent constant de 7 m/s et de direction sud-ouest (N260) a été retenu.

Pour l'été, une alternance de vent, de 3 m/s orienté nord-est (N50) de 0 à 15 heures et de 6 m/s orienté nord-ouest (N310) de 15 à 24 heures, a été choisie.



La représentation des conditions hydrodynamiques reste cependant très schématique, le calcul portant sur deux marées types et sur des conditions de vent théoriques. Les vents imposés sont représentatifs de deux conditions distinctes et défavorables pour les remontés des effluents, soit vers le Bassin (condition hivernale), soit vers Biscarrosse (condition estivale). Ces conditions sont peu réalistes car présentant des directions et des intensités du vent constantes sur toute la durée de la simulation. A noter que la condition hivernale se rapproche des conditions testées dans les études précédentes, mais présente une intensité du vent plus faible (7 m/s contre 10 m/s auparavant).

5.3. MODELISATION DES EFFLUENTS

5.3.1. LOGICIEL EMPLOYE

Le modèle permet aussi de calculer l'évolution des concentrations d'éléments apportés dans le milieu. Ils sont traités comme des éléments dissous auxquels s'appliquent les lois de dispersion et de diffusion correspondant aux conditions de vent et de marée. Ces composés peuvent être conservatifs ou bien se dégrader selon une loi introduite dans le modèle.

Le modèle à deux dimensions calcule la concentration moyenne des éléments dans la colonne d'eau d'une maille de 250 m de côté. **Il ne rend donc pas compte de stratifications, ni de lentilles d'eau plus ou moins concentrées, qui peuvent exister dans la réalité. La modélisation reproduit donc mieux la réalité des valeurs moyennes observées que des valeurs extrêmes (tendance à la sous-estimation). La différence entre simulation et réalité est surtout sensible dans le champ proche du rejet ; elle tend à diminuer lorsqu'on s'éloigne du point de rejet, la colonne d'eau devenant plus homogène.**

Les effluents sont suivis pendant un cycle de marée composé de la répétition de la même marée soumise à une même condition de vent pendant une période de 14 jours.



La notion de diffusion est désormais intégrée dans la modélisation mise en œuvre. Les résultats de suivi des rejets sont donc 2D. Le modèle permet de déterminer l'évolution spatiale au cours de la marée de la concentration de différents paramètres issus du wharf.

Les conditions hydro-météorologiques retenues dans cette étude restent peu réalistes, car composées de la répétition pendant une période de 14 jours d'une même marée soumise à une même condition de vent.

5.3.2. SIMULATIONS REALISEES

Le débit de l'effluent de La Salie ainsi que les concentrations initiales des différents composés choisis correspondent aux moyennes des mesures mensuelles effectuées dans le cadre de l'arrêté de rejet. **Le débit de l'effluent est de 1 m³/s (86 400 m³/jour).**



Ce débit est supérieur aux débits retenus dans les études réalisées par la suite, basées sur le débit de pointe en période estivale estimé à 60 000 m³/jour (0,70 m³/s).

Les paramètres étudiés, traités comme des **éléments dissous conservatifs**, sont: le carbone organique dissous (COD) à une concentration initiale dans l'effluent de 100 mg/L, la Demande Biologique en Oxygène (DBO5) à 200 mg/L, la Demande Chimique en Oxygène (DCO) à 500 mg/L, les matières en suspension (MES) à trois concentrations initiales (35, 80 et 150 mg/L), l'azote (N) à 18 mg/L, le plomb (Pb) à 3.10⁻³ mg/L et le mercure (Hg) à 3.10⁻⁴ mg/L.



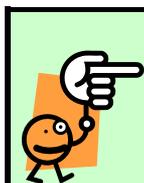
Élément conservatif signifie qu'il n'y a pas de dégradation du traceur dans le milieu extérieur.

A chaque instant simulé, les concentrations des différents paramètres suivis, ramenées par rapport à la concentration initiale (dans le collecteur), sont donc identiques. Les matières en suspension, sur lesquelles se fixent la plupart des polluants et les métaux, sont considérées comme un traceur passif dissous dans l'eau dans le cadre de cette étude. Le dépôt et la remise en suspension des particules ne sont pas intégrés dans les calculs réalisés ici.

Le rejet de bactéries (coliformes fécaux) est simulé avec une concentration initiale de 100 000 par 100 mL. Les bactéries ne sont pas traitées comme un élément conservatif mais suivent une loi de décroissance reprise des travaux de GUILLAUD *et al.* (1997). A partir de données expérimentales, ces, une relation entre le T90 (temps au bout duquel 90% des bactéries ne sont plus cultivables) et trois paramètres du milieu: l'intensité lumineuse absorbée à la surface de l'océan, la hauteur d'eau et la concentration en matières en suspension a été établie. Le T90 est inversement proportionnel à l'intensité lumineuse et proportionnel à la concentration en MES (plus celle-ci est importante, moins la lumière pénètre dans la masse d'eau) et à la profondeur.

Les MES qui constituent le bruit de fond de l'océan dans cette zone côtière sont intégrées dans les calculs réalisés, soit 7 mg/L (BOUCHET *et al.*, 1982).

L'intensité lumineuse utilisée est de 1,05.10⁶ µE/m²/h pour la situation de vent estival et de 2,6.10⁵ µE/m²/h pour celle de vent hivernal (GUILLAUD *et al.*, 1997).



Les résultats des simulations doivent être considérés avec prudence quant à la représentativité des concentrations obtenues par calcul par rapport à des mesures instantanées qui seraient effectuées sur le terrain. Ils doivent être utilisés comme des résultats théoriques permettant d'analyser les différents facteurs influant sur la répartition des composés apportés par l'effluent.



Ainsi, il ne faut ainsi pas oublier que :

- *les simulations sont effectuées par coefficient de marée et conditions de vents constants sur 14 jours, ce qui ne se produit jamais dans la réalité,*
- *les composés apportés par l'effluent sont traités comme des composés dissous ce qui est à peu près vrai pour les métaux, voire pour l'azote, mais certainement pas pour les DCO, DBO, MES et bactéries,*
- *les composés (excepté les bactéries) sont traités comme des éléments conservatifs alors qu'en réalité certains de ces composés subissent une dégradation rapide,*
- *le rejet des composés est supposé continu, ce qui n'est pas le cas dans la réalité (variations des flux journaliers, saisonniers, et pics de pollution dus aux pluies ou au dysfonctionnement des stations),*
- *les concentrations calculées sont des concentrations moyennes dans un grand volume d'eau du fait de la taille de la maille de 250 m de côté,*
- *le modèle à deux dimensions ne rend pas compte des stratifications et reproduit mal l'action du vent surtout à proximité de la côte,*
- *le modèle ne tient pas compte de l'influence des courants de houle.*

5.3.3. ANALYSES

5.3.3.1. INFLUENCE DU VENT ET DES COEFFICIENTS DE MARE

En absence de vent et par vent hivernal soufflant du sud-ouest, l'effluent de La Salie a tendance à remonter vers le nord et à pénétrer dans le Bassin, très fortement dilué. Un vent soufflant alternativement de nord-est et de nord-ouest (situation estivale) contrarie cette tendance, plus ou moins selon l'importance des courants de marées : par forts courants de marées (coefficient 95), l'influence de la marée et du vent pousse le panache vers le large tandis que, par faibles courants (coefficient 45), le vent détermine seul l'orientation du panache vers le sud.

Dans les deux cas, la dilution en est rapidement élevée. Ces conclusions sont un peu différentes de celles de BALLAND et TORRE (1974) qui mentionnaient que le vent était toujours prépondérant dans la dispersion du panache de l'effluent. Il faut rappeler que le modèle à deux dimensions minimise peut être, dans le champ proche, cette influence du vent mais ce n'est sans doute pas le cas dans le champ éloigné.



Le vent possède un impact sur la trajectoire suivie par les rejets essentiellement en période de faibles coefficients de marée. En vive-eau, c'est les courants de marée qui imposent la trajectoire suivie par les effluents.

5.3.3.2. TRACEURS PASSIFS

La situation la plus défavorable (c'est-à-dire celle pour laquelle les concentrations des différents composants de l'effluent sont les plus élevées) est :

- dans le champ proche : marée de faible coefficient sans vent,
- dans le champ éloigné immédiatement au nord du rejet (Lagune, Petit Nice et Arguin) : marées de fort coefficient sans vent,
- plus au nord, un vent hivernal,
- plus au sud, le vent estival par faible coefficient.

Comme cela était prévisible, un gradient décroissant des concentrations depuis l'extrémité du wharf vers le champ éloigné est observé. Pour les trois secteurs situés au Nord à même distance du wharf, le premier côté océan (Ferret Océan), les deux autres dans le Bassin, l'un côté Ferret (Bélisaire), l'autre côté Arcachon (Moulleau), quelques nuances peuvent être apportées. En dehors des situations estivales, où le panache ne remonte pratiquement plus vers le nord, les concentrations à Bélisaire sont toujours plus élevées (même si elles sont très faibles en valeur absolue) que celle des deux autres points, Ferret Océan et Moulleau. Bien que ces différences soient faibles, elles mettent en évidence l'importance de la dynamique hydraulique de la passe nord.

5.3.3.3. DBO5 ET DCO

Il n'existe pas de référence en milieu marin de DBO5 et de DCO puisque ce sont des critères concernant plus particulièrement les eaux usées et les eaux douces superficielles.

On peut cependant observer que les concentrations maximales obtenues toutes simulations confondues sont très faibles dans le champ éloigné, inférieures dans tous les cas à 1 mg/L pour la DBO5 et à 2,5 mg/L pour la DCO. A l'extrémité du wharf, les valeurs sont plus élevées mais restent cependant modérées, 8,7 mg/L de DBO5 et 21,7 mg/L de DCO, de même que dans le champ proche, avec 6,1 mg/L de DBO5 et 15,3 mg/L de DCO à 500 m au nord du rejet.

Ces valeurs sont surestimées car les processus de dégradation de la matière organique n'ont pas été pris en compte.

5.3.3.4. COD

L'influence du rejet sur les teneurs en COD dans l'eau est inexistante dans tout le champ éloigné.

Le rejet génère une concentration maximale de 0,5 mg/L de carbone organique dissous, valeur 4 fois inférieure à celle que FAUGERE et al. (1980) ont mesurée à l'entrée du bassin, dans la zone du petit Nice. Très localement, aux environs du wharf, la teneur en COD est légèrement augmentée par rapport au bruit de fond (maximum de 3 mg/L à la Salie nord, par coefficient 45, sans vent).

5.3.3.5. MATIERES EN SUSPENSION (MES)

Rappelons tout d'abord que le bruit de fond de l'océan dans le secteur est évalué à 7 mg/L.

Pour un apport de 150 mg/L, les MES issues du rejet ne dépassent pas 0,7 mg/L dans le champ éloigné. L'influence du rejet apparaît donc minime dans toute cette zone. A l'extrémité du wharf, c'est au maximum 6,5 mg/L qui sont observés et dans le champ proche, 4,6 mg/L, valeurs qui, même ajoutées au bruit de fond de l'océan, sont faibles en milieu littoral. Pour les autres concentrations initiales dans le rejet, 80 et 35 mg/L, l'apport par les eaux usées est encore plus négligeable.



Au niveau de l'exutoire du wharf, les concentrations en matières en suspension issues du rejet sont équivalentes aux concentrations naturelles observées dans l'océan. En s'éloignant, elles deviennent rapidement négligeables.

5.3.3.6. AZOTE

Comme pour les autres paramètres, les concentrations en azote sont faibles. Dans le champ éloigné, elles sont inférieures ou égales à 0,08 mg/L, soit moins de 6 $\mu\text{mol/L}$. Ces valeurs apparaissent tout à fait habituelles en zone littorale. A l'extrémité du wharf, le maximum obtenu est de 0,78 mg/L soit 55 $\mu\text{mol/L}$ d'azote.

5.3.3.7. METAUX

Les concentrations en métaux obtenues par la modélisation s'avèrent extrêmement faibles comparativement aux valeurs de référence pour les eaux côtières et du large.

Dans le champ éloigné au nord du rejet, les teneurs maximales en plomb sont inférieures ou égales à 0,003 $\mu\text{g/L}$, celles en mercure, à 0,0003 $\mu\text{g/L}$.

Au sud, elles sont un peu plus élevées, avec des maximums respectivement de 0,014 $\mu\text{g/L}$ et 0,001 $\mu\text{g/L}$, ce qui reste encore très faible.

Il en est de même pour le champ proche, y compris à l'extrémité du wharf, où les limites supérieures obtenues sont de 0,130 $\mu\text{g/L}$ pour le plomb et 0,013 $\mu\text{g/L}$ pour le mercure.

Il est à noter que les concentrations obtenues par simulation sont inférieures à celles qui avaient pu être mesurées dans le milieu entre 1978 et 1988 (SIBA, 1989). Cependant il a été suspecté que ces mesures manquaient de fiabilité. En outre, la simulation ne prend en compte que les apports du rejet de La Salie et pas le bruit de fond de l'océan en zone côtière.



Ici les métaux sont considérés comme des éléments dissous dans l'eau. En réalité, ceux-ci se fixent aux matières en suspension et se concentrent dans les secteurs de dépôts. La méthodologie de cette étude ne permet pas de représenter ce mode de fonctionnement.

5.3.3.8. GERMES TESTS DE CONTAMINATION

5.3.3.8.1. T90

Les T90 obtenus lors des simulations varient d'environ 5 heures à 85 heures. Il est intéressant de noter que les sources de différence entre les points et les simulations sont principalement de deux ordres : l'intensité lumineuse et la hauteur d'eau. En effet, l'intensité lumineuse estivale étant plus forte, elle réduit la durée de vie des bactéries, leur T90 étant environ 2,5 fois plus court que celui obtenu avec un rayonnement hivernal. Par ailleurs, la hauteur d'eau pour chaque point (fonction de la topographie des fonds et aussi du coefficient de marée) influence le T90 dans le sens où, plus elle est élevée, moins la lumière pénètre et mieux les bactéries survivent.

Les matières en suspension issues du rejet étant négligeables par rapport au bruit de fond de l'océan, les T90 calculés pour les concentrations initiales de 35, 80 et 150 mg/L ne présentent que des différences minimales. Il en résulte que les résultats obtenus pour les bactéries sont, dans les trois cas, très proches.

5.3.3.8.2. LE CHAMP ÉLOIGNÉ

La concentration en bactéries dans le champ éloigné est extrêmement faible. Dans beaucoup de cas, elle est inférieure à 10^{-3} bactéries par 100 mL.

Dans les autres cas, la concentration oscille rapidement autour de valeurs moyennes stabilisées très faibles. Ces situations sont celles de coefficient élevé, induisant une plus forte dispersion, ou de vent et d'intensité lumineuse hivernales. La valeur maximale est le plus souvent inférieure à 5 bactéries par 100 mL. C'est à La Lagune que les concentrations sont les plus élevées surtout par coefficient 95 sans vent. Le maximum est de 16 bactéries par 100 mL (ce qui, en analyse bactériologique, n'est pas différent de 5 bactéries par 100 mL).

5.3.3.8.3. LE CHAMP PROCHE

Dans tous les cas, les concentrations en bactéries se stabilisent rapidement au cours des simulations. Ils présentent des fluctuations régulières traduisant l'alternance des marées et, selon les cas, des vents. Les valeurs maximales obtenues à l'extrémité du wharf sont comprises entre 1 000 et 2 100 bactéries par 100 mL.

A 500 m au nord de l'émissaire, elles s'élèvent à des valeurs comprises entre 200 et 800 bactéries par 100 mL et à 500 m au sud, entre moins de 30 et 200 bactéries par 100 mL.

Dans tous les cas de simulation, la situation la plus défavorable est observée par faible coefficient, sans vent au niveau du wharf et au nord de l'émissaire et avec du vent (conditions hivernales et estivales) au sud de l'émissaire.

Par ailleurs, on peut remarquer que les simulations sans vent indiquent, dans tous les cas, une concentration bactérienne plus marquée au nord du Wharf qu'au sud, alors qu'en situation de vent (hivernal ou estival), les concentrations bactériennes dans les deux zones sont peu différentes.

En 2010, les normes définissant la qualité des eaux de baignade sont définies sur la base de l'analyse statistique des mesures d'entérocoques intestinaux et des Escherichia coli sur quatre années. Les résultats sont comparés aux valeurs suivantes :

| Qualité d'eau | Excellente qualité (95 ^{ième} percentile) | Bonne qualité (95 ^{ième} percentile) | Qualité suffisante (90 ^{ième} percentile) |
|--------------------|---|--|---|
| Indicateurs | | | |
| IE en UFC / 100 mL | 100 | 200 | 185 |
| EC en UFC / 100 mL | 250 | 500 | 500 |

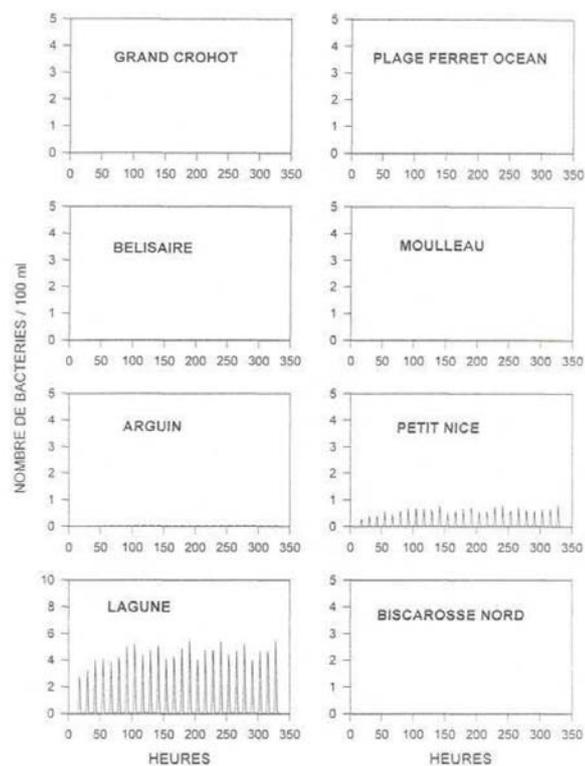
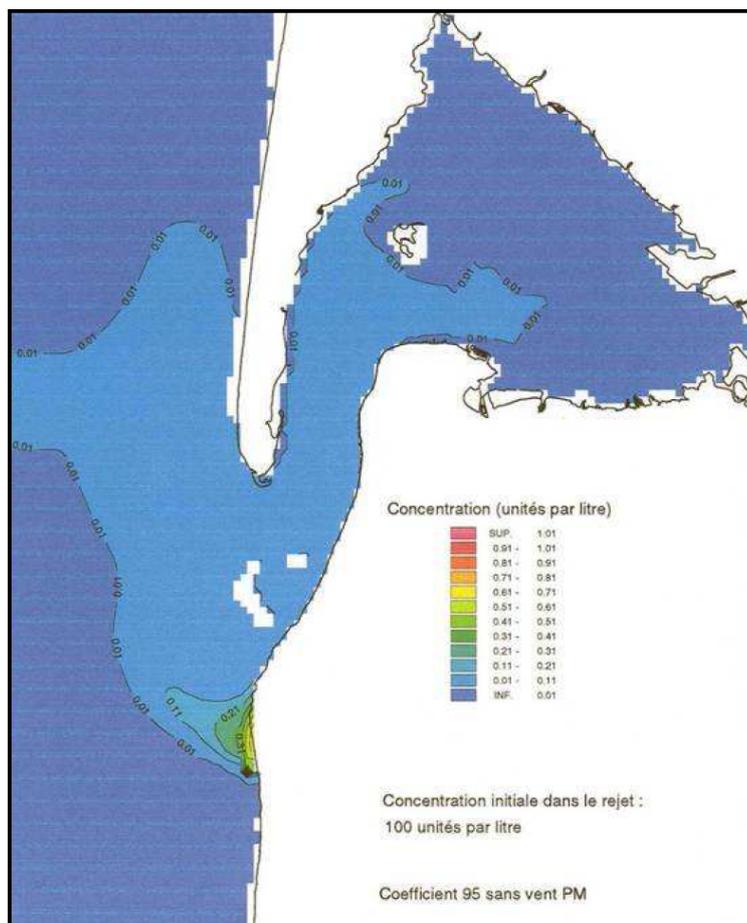


Figure N° 10. CONCENTRATION D'UN TRACEUR PASSIF CONSERVATIR DE CONCENTRATION INITIALE 100 UNITE/L (EXTRAIT)

5.3.4. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

5.3.4.1. REMONTE DE L'EFFLUENT DANS LE BASSIN.

Les éléments conservatifs issus du rejet pénètrent, dans certaines conditions (absence de vent ou vent hivernal) à l'intérieur du Bassin, mais toujours avec une dilution très importante (1/1 000^{ième} à 1/10 000^{ième}) par rapport à leur concentration initiale dans l'effluent. Ainsi, même si l'on considère les concentrations maximales en plomb et en mercure mesurées entre 1988 et 1996 dans l'effluent (Pb: 14 µg/L; Hg: 1,5 µg/L), les concentrations calculées dans les eaux pénétrant à l'intérieur du bassin (entre 1,4 et 14 ng/L de plomb et entre 0,15 et 1,5 ng/L de mercure) sont inférieures à celles qui ont été mesurées par le RNO en 1981 au large des côtes françaises.

En ce qui concerne l'azote et les matières en suspension, les apports par l'effluent sont négligeables par rapport au bruit de fond mesuré dans le secteur.

Les bactéries (coliformes fécaux cultivables) issues du rejet ne pénètrent jamais dans le Bassin, quelles que soient les conditions de vent ou de marée envisagées. Dans certaines conditions, on observe cependant une contamination du Banc d'Arguin par les bactéries de l'effluent (coefficient 95, sans vent, éclaircissement hivernal), mais elle est d'une très faible ampleur (concentration maximale de 2 coliformes cultivables / 100 mL). Toutefois, cette apparente absence d'impact du rejet par les microorganismes sur l'embouchure du Bassin doit être modulée en prenant en compte les réserves énoncées (T90 des bactéries cultivables plus court que celui des formes viables et surtout que celui des virus).

5.3.4.2. IMPACT DE L'EFFLUENT AU NIVEAU DE LA CÔTE OcéANE

Sur tous les points des champs proches et éloignés (hormis au débouché du wharf), les maxima des concentrations calculées en métaux lourds se situent dans la gamme des teneurs mesurées par le R.N.O. (1981) au large des côtes françaises, y compris si l'on applique les taux de dilution calculés aux valeurs maximales des teneurs en métaux mesurés dans l'effluent entre 1988 et 1996. Les réflexions précédentes concernant l'azote et les MES sont également valables pour ce secteur.

Les bactéries (coliformes fécaux cultivables) de l'effluent n'atteignent que rarement le champ lointain sur la côte océane. Lorsque c'est le cas, les concentrations sont très faibles (au maximum 16 bactéries / 100 mL). Dans le champ proche, le rejet génère des concentrations en bactéries très variables selon le stade de la marée, plus élevées dans des situations de faible coefficient, et avec des valeurs maximales plus élevées au nord (200 à 800 bactéries /100 mL) qu'au sud du wharf (30 à 200 bactéries / 100 mL). On doit apporter ici les mêmes réserves que celles qui ont été énoncées précédemment au sujet des T90.

6. MODELISATION NUMERIQUE DE LA DISPERSION DES REJETS EN MER DU WHARF DE LA SALIE – RAPPORT (MAI 2002)

6.1. CONTEXTE

La proximité de zones de baignade surveillée et de zones de cultures ostréicoles et conchylicoles impose une surveillance de l'impact de ce rejet sur la qualité des eaux de la part du SIBA. Pour cela, une réactualisation des zones concernées par les rejets effectués au wharf de La Salie a été demandée à SOGREAH par le SIBA, de manière à intégrer l'influence des évolutions bathymétriques observées depuis 1997 et l'étude IFREMER.

L'étude de modélisation a également été intégrée dans l'étude globale « Elaboration du dossier d'étude d'impact valant document d'incidence au titre de Code de l'Environnement, en vue d'autoriser :

- l'extension des stations d'épuration de Biganos et La Teste de Buch,
- le renouvellement du rejet en mer du Wharf de la Salie. »

réalisée en juillet 2003 par SOGREAH pour le compte du SIBA, du Conseil Général 33 et de l'agence de l'Eau Adour-Garonne.

6.2. MODELISATION COURANTOLOGIQUE

6.2.1. LOGICIEL EMPLOYE

Le modèle hydro-sédimentaire réalisé dans le cadre de cette étude est réalisé à l'aide des logiciels de la chaîne TELEMAC-2D développée par le LNHE-EDF. Un modèle hydrodynamique a tout d'abord été réalisé afin de fournir les champs de courants et de hauteurs d'eau sur l'ensemble du domaine d'étude pour la période étudiée. Cette opération est réalisée par le logiciel TELEMAC-2D.

Les champs de courants et de hauteurs d'eau sont repris par le logiciel de qualité d'eau SUBIEF-2D qui résout les équations de dispersion-diffusion pour des traceurs conservatifs ou non.



Les équations résolues par les deux logiciels employés en 1997 (IFREMER) et 2002-2008 (SOGREAH) sont les mêmes. Ce qui différencie les logiciels sont les modes de résolutions (différences / éléments finis) et les maillages représentant la topographie du secteur étudié (rectangles / triangles). Les paramètres intégrés ou pouvant être intégrés dans la représentation des conditions hydrodynamiques, sédimentaire et de qualité des eaux sont identiques pour les deux logiciels.



Du fait de la similitude des outils employés, la comparaison des résultats de modélisation de l'étude de 1997 avec ceux des études qui ont suivi est donc possible. Cette comparaison est très difficile avec les résultats des études antérieures à 1997. Cependant les différences existantes entre les conditions modélisées (hydro-météorologiques et propres au rejet) rendent cet exercice de comparaison délicat. Des éléments de comparaison sont présentés en fin de rapport.

6.2.2. MODELE MIS EN ŒUVRE ET BATHYMETRIE ASSOCIEE

6.2.2.1. EMPRISE DU MODELE

Le modèle numérique bidimensionnel du Bassin d'Arcachon, réalisé par SOGREAH pour le compte du SIBA dans le cadre de l'étude « Bassin d'Arcachon - Amélioration de l'hydraulique » en juillet 2002, a été repris et adapté aux caractéristiques de la présente étude.

L'emprise de ce modèle a été conservée. Elle couvre la totalité du bassin d'Arcachon, les passes ainsi qu'une zone maritime qui s'étend sur 50 kilomètres du Nord au Sud (25 kilomètres de part et d'autre de l'embouchure) et 20 kilomètres au large de la côte. La prise en compte d'une telle zone maritime permet de s'affranchir totalement des effets de conditions aux limites aux abords de la zone d'étude (emplacement du wharf).



SOGREAH a mis en œuvre sa première version du modèle hydrodynamique du Bassin d'Arcachon dans le cadre de l'étude « Bassin d'Arcachon - Amélioration de l'hydraulique » en juillet 2002.

Cette étude avait différents objectifs :

- *déterminer et comprendre le fonctionnement hydraulique des passes et des chenaux ouest du Bassin afin de proposer les travaux de rectification (dragage) permettant d'améliorer l'hydrodynamique en fond de Bassin,*
- *quantifier le gain hydraulique apporté par les solutions proposées.*

Elle a permis de quantifier les impacts environnementaux associés aux travaux de dragage et de clapage programmés.

Ce modèle a été raffiné et adapté aux cours des années en fonction des contraintes propres à chaque étude réalisée et aux données bathymétriques les plus récentes alors disponibles.

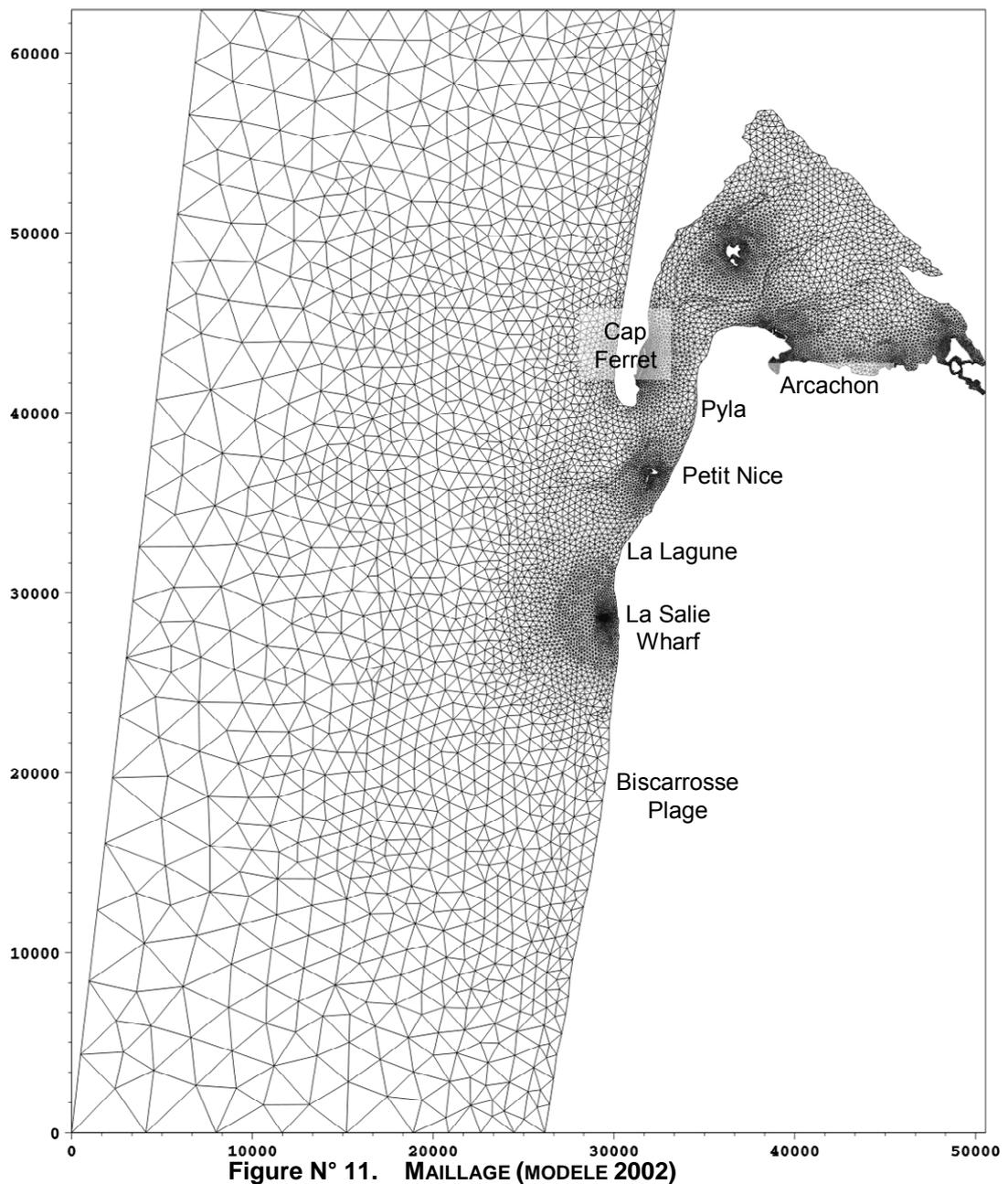
Il a notamment été utilisé pour les études hydro-sédimentaires du port d'Arcachon et de ses environs, de la Conche du Mimbeau, du delta de la Leyre, des bancs de La Matelle et de La Dispute, sur le secteur du Pyla et du Moulleau, au niveau des ports d'Andernos et du Betey,...

6.2.2.2. MAILLAGE

Les mailles du modèle réalisé ont une taille qui varie de 3 000 mètres pour les frontières marines du large à moins de 50 mètres au niveau du wharf. Une telle définition est nécessaire pour représenter de manière correcte la dilution des eaux rejetées dans les 100 premiers mètres. La taille des mailles composant l'intérieur du bassin d'Arcachon n'excède pas 400 mètres. Cette taille concerne les zones de faible intérêt. La taille imposée au niveau des passes et des chenaux est d'environ 200 mètres.

Les isobathes 0 CM et -5 CM ont été imposées comme contrainte au maillage, ces deux lignes représentant les talus bordant les chenaux. Cette façon de procéder permet de restituer le plus fidèlement possible les sections des passes et des chenaux du bassin.

Le maillage du modèle comporte environ 7 000 nœuds et 16 500 mailles triangulaires.



Ce type de modélisation permet de raffiner le modèle là où l'on souhaite avoir une information la plus précise possible et inversement. Le nombre de mailles, et donc le temps de calcul informatique, est ainsi optimisé sans nuire à la précision du calcul dans les zones d'intérêt.

6.2.2.3. BATHYMETRIE

Les données bathymétriques intégrées dans le modèle sont les suivantes :

- zones levées en 2000 – 2001 pour la partie centrale du bassin interne,
- zones levées en 1992 pour la partie orientale du bassin interne
- zones reconstituées par interpolation au niveau des passes extérieures.

La zone du wharf est couverte par les levés de 2000-2001.

La partie maritime est basée sur les informations de la carte SHOM n° 6991.

La figure suivante représente la représentation des fonds par le modèle (donc modélisée et par nature simplifiée) et celle issue des données complètes.

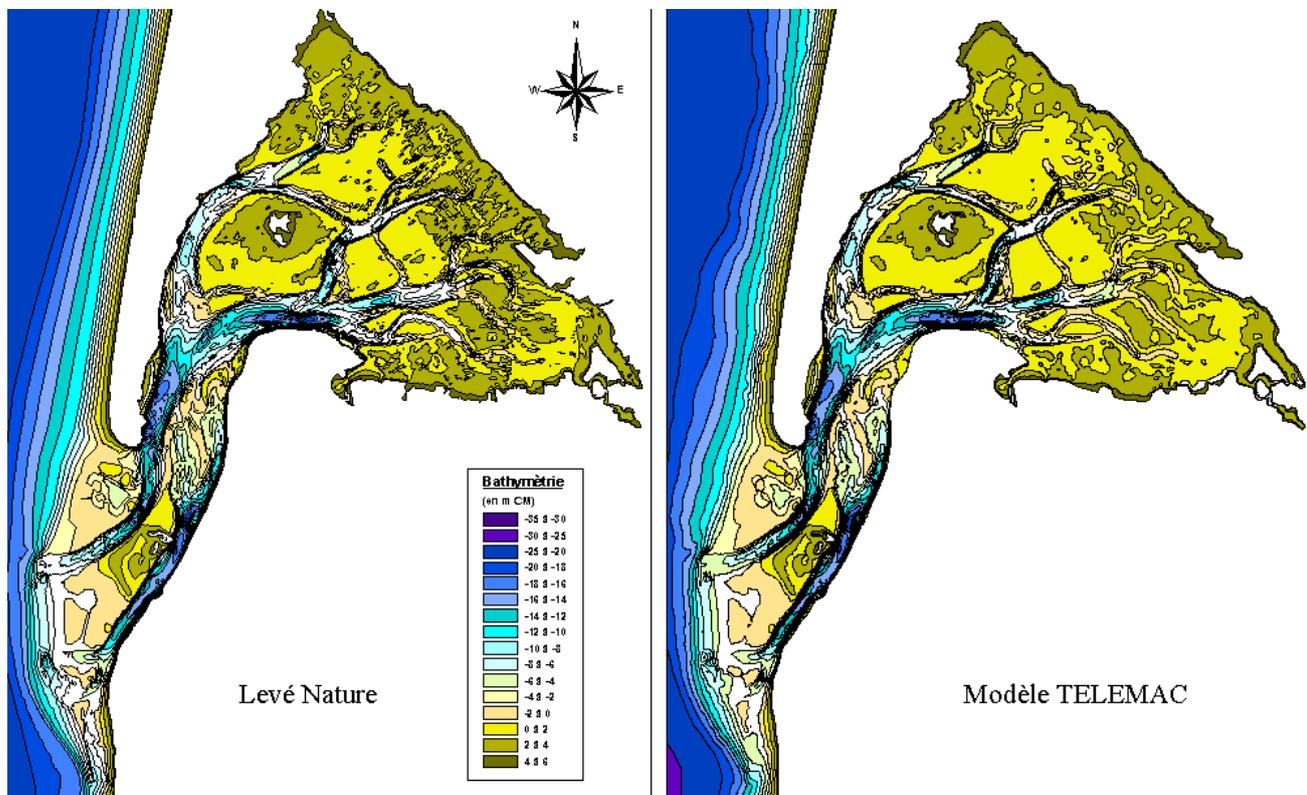


Figure N° 12. BATHYMETRIE ISSUE DES LEVES ET BATHYMETRIE DU MODELE



Les mailles triangulaires permettent de suivre parfaitement les courbes et l'évolution des fonds des chenaux. Ceci est indispensable pour représenter correctement la courantologie dans et à proximité du Bassin d'Arcachon.

6.2.3. CALAGE

Les paramètres de modélisation (modèle de turbulence, coefficients de frottements,...) définis dans le cadre de l'étude de dragage des passes du bassin précédemment réalisée par SOGREAH pour le compte du SIBA sont repris.

Le calage du modèle a été effectué et présenté dans le rapport correspondant à cette étude (Rapport n° 71 1105). Les modifications effectuées lors du raffinement local des mailles au niveau de l'embouchure du wharf n'ont pas influées sur les résultats fournis.



Fautes de mesures disponibles, le calage a consisté à vérifier la bonne représentation de l'évolution du niveau de l'eau au niveau du marégraphe d'Eyrac pour l'ensemble des conditions de marée pouvant être observées, ainsi qu'à la comparaison des résultats de modélisation et des éléments fournis par les anciennes études du LCHF concernant le déphasage et l'amplification de l'onde de marée dans le Bassin, ainsi que les ordres de grandeur des volumes oscillants pour différentes marées caractéristiques.

6.2.4. CONDITIONS HYDRO-METEOROLOGIQUES

6.2.4.1. MAREES

L'hydrodynamique retenue pour servir de support aux calculs de qualité d'eau représente la période comprise entre le 11/09/2001 et le 26/9/2001, soit un cycle de marée complet mortes-eaux – vives-eaux – mortes-eaux de 14 jours, soit des marées de coefficients passant de 40 à 115 avant de diminuer jusqu'à 32.

Cette méthodologie permet de représenter l'ensemble des conditions de marées pouvant être observées sur le secteur d'étude.

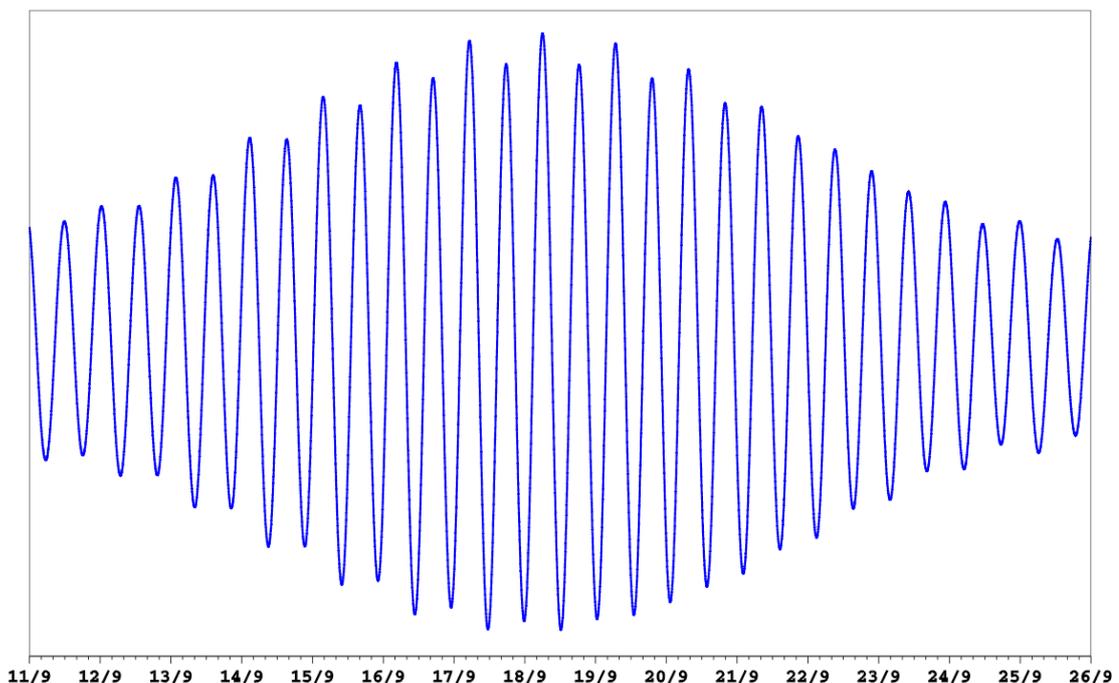


Figure N° 13. EVOLUTION DU NIVEAU DE L'EAU SUR LA PERIODE MODELISEE

6.2.4.2. VENT

Les conditions de vent intégrées dans les simulations réalisées sont représentatives des conditions de type estivale.

Les chroniques de vent imposées sont issues de séries réelles relevées à la station de Météo-France basée à Cazaux (commune de La Teste). au mois de juillet 2001.

Ces mesures ont été effectuées toutes les trois heures, ce qui permet de retranscrire de manière fidèle les différences existantes entre les conditions météorologiques diurnes et nocturnes sur la côte Aquitaine.

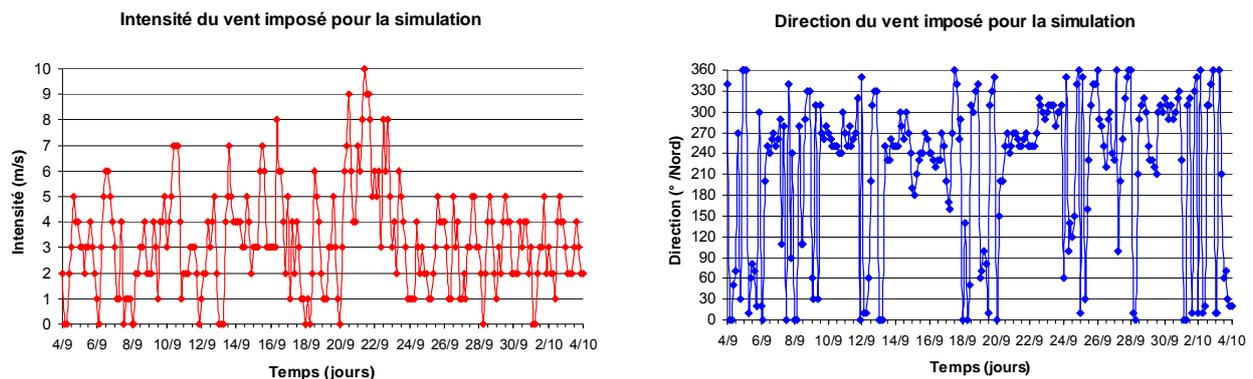


Figure N° 14. VENTS IMPOSES

L'intensité du vent est comprise entre 0 et 10 m/s sur la période considérée. Les baisses d'intensité du vent se produisent majoritairement la nuit et les pics de vitesses ont lieu aux alentours de 15h00. La vitesse moyenne du vent mesurée à Cazaux sur la période d'étude est de 3,2 m/s.

La direction des vents observés est très fluctuante avec une prédominance des vents d'ouest (N270) et sud-ouest (N225).

Les vents imposés possèdent des caractéristiques défavorables pour un éloignement des rejets de la cote et du Bassin.



Contrairement aux études précédentes, cette étude se base sur l'analyse d'un cycle de marée complet et non sur l'analyse d'une seule marée isolée.

De plus, le vent imposé est issu de mesures réelles et non d'un choix théorique concernant d'intensité et de direction maintenues constantes sur l'ensemble de la simulation.

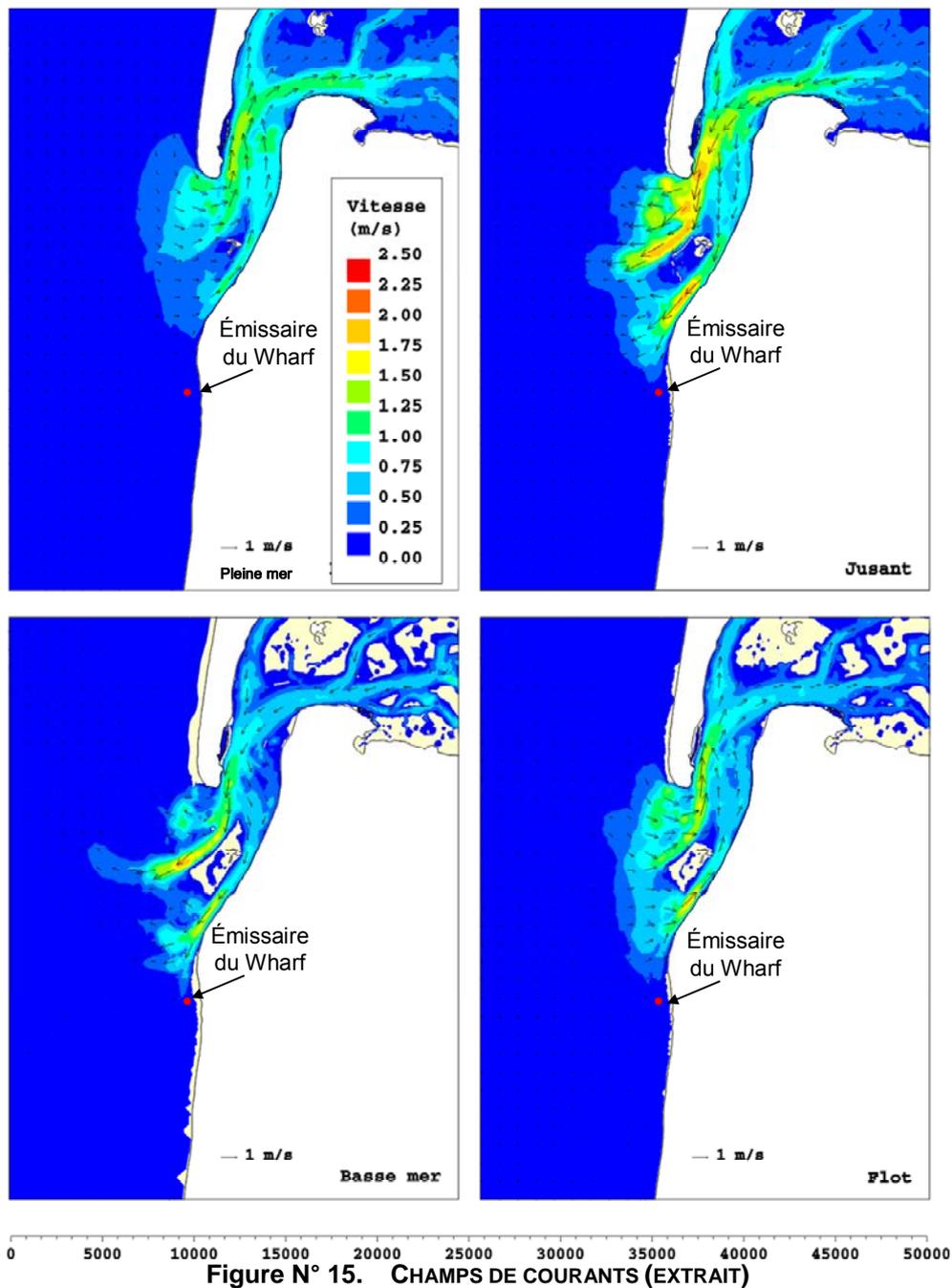
Le choix de la chronique de vent a été réalisé pour retenir des conditions hydro-météorologiques défavorables pour la non remonté des effluents vers le Bassin d'Arcachon.

6.2.5. PRINCIPALES CONCLUSIONS

Les vitesses obtenues au niveau de l'émissaire sont très faibles (inférieures à 20 cm/s lors des marées de vives-eaux), alors qu'au niveau des passes du bassin celles-ci peuvent y être 10 fois plus importantes.

Au niveau du wharf, les directions de l'écoulement sont dirigées vers le nord lors du flot, puis vers le sud lors du jusant. Les courants sont donc quasiment toujours dirigés parallèlement à la cote

Un tel comportement hydrodynamique ne favorise pas l'éloignement des substances rejetées vers le large, et donc par la même leur dilution.



6.3. MODELISATION DES EFFLUENTS

6.3.1. LOGICIEL EMPLOYE

Le modèle de qualité des eaux utilisé est mis en œuvre à l'aide du logiciel SUBIEF-2D. Ce logiciel est un module de la chaîne TELEMAR-2D qui exploite les résultats fournis par le modèle hydrodynamique décrit précédemment. Il étudie le transport, la diffusion et la dilution de traceurs conservatifs ou non.

6.3.2. CARACTERISTIQUES DU REJET ET METHODOLOGIE RETENUE

Les conditions observées dans le milieu naturel concernant les concentrations en MES, en DCO et en coliformes fécaux ne sont pas prises en compte dans le modèle.

Les résultats présentés dans la suite de ce rapport ne **concernent que les substances issues du rejet du wharf qui se rajoutent aux concentrations des différentes substances présentes dans le milieu naturel.**

6.3.2.1. REJET

Le rejet du wharf en **période estivale** est d'environ 60 000 m³/jour, soit 0,694 m³/s. C'est ce débit qui a été imposé de manière continue lors de la simulation réalisée. Ce débit n'est atteint que rarement lors de quelques pointes journalières en période estivale **Les simulations sont donc réalisées pour un débit très défavorable** dans le cadre d'une étude d'impact par rapport à la situation réelle.



Cette valeur est inférieure à celle retenue par l'IFREMER dans le cadre de son étude réalisée en 1997 1 m³/s.

6.3.2.2. MES

Il a été choisi de représenter les matières en suspension rejetées en considérant les particules de faible taille. Ceci permet d'estimer l'extension spatiale maximale du panache turbide : les particules de faible taille restent plus longtemps en suspension avant de se déposer en comparaison avec celles de taille plus importante. Elles se font donc transporter par suspension sur une plus longue distance.

La vitesse de chute retenue est de 10⁻⁴ m/s. Cette vitesse de chute correspond à des particules ayant un rayon d'environ 10 µm. La vitesse critique de dépôt a elle été imposée à 10⁻² m/s, soit 1 cm/s.

La concentration des matières en suspension à l'intérieur du wharf (avant rejet dans l'océan) est de 60 mg/L.



Cette valeur est similaire aux valeurs retenues lors de l'étude de 1997 : 35, 80 et 150 mg/L.

6.3.2.3. DCO

La Demande Chimique en Oxygène est un traceur conservatif. Elle représente la mesure de tout ce qui est susceptible de demander de l'oxygène (en partie les sels minéraux oxydables, les sels de métaux et la majeure partie des composés organiques). Elle permet d'évaluer la quantité totale de pollution organique.

La concentration en DCO avant rejet à l'océan a été imposée à 500 mg/L.



Cette valeur est identique à celle retenue lors de l'étude de 1997.

6.3.2.4. ESCHERICHIA COLI

Les Eschérichia coli sont des coliformes fécaux représentant la pollution bactérienne provenant du rejet. Ce type de substance est non conservative car elle est soumise à des phénomènes d'auto-épuration qui provoquent une dilution supplémentaire s'ajoutant à celle obtenue à cause des phénomènes de convection et de diffusion turbulente. Les phénomènes explicatifs de cette décroissance bactérienne sont encore assez mal connus. Les paramètres qui auraient le plus d'influence sur le pouvoir auto-épurateur des eaux sont la température, l'intensité lumineuse et la turbidité des eaux. D'autres facteurs jouent également un rôle plus ou moins direct : le pH, les antagonismes entre organismes vivants, la présence de matière organique assimilable et de composés osmoprotecteurs, etc.

Une loi de décroissance des bactéries est caractérisée par un temps T_{90} , temps nécessaire pour obtenir une division par 10 du nombre de bactéries, soit une diminution de 90 % de celles-ci. Des expériences effectuées sur ce sujet par IFREMER ont montré que dans une eau ayant une faible charge en matières en suspension, le T_{90} est inférieur à la dizaine d'heures.

Dans le cadre de l'étude du rejet de la station d'épuration de Port-Neuf (La Rochelle) réalisée par SOGREAH, des campagnes de mesures effectuées entre 1993 et 1994 ont permis de quantifier une valeur « été » de ce coefficient entre 10 et 20 heures. Selon la littérature, une valeur de 16 heures est représentative d'eau eau chaude estivale (rapport IFREMER).

Pour la présente étude, il a été choisi de retenir trois T_{90} différents, un défavorable (donc grand) de 20 heures, un second moins important de 15 heures et le troisième représentatif des T_{90} obtenus lors des configurations estivales de 10 heures.

L'extension du panache des eaux concernées par une pollution bactériologique issue des rejets du wharf est donc plus importante dans le cas des simulations où le T_{90} est plus fort, la dégradation biologique étant alors plus faible.



Le temps de décroissance bactériologique n'est pas calculé mais imposé. Les différentes valeurs retenues sont cohérentes avec les valeurs trouvées par calcul lors de l'étude de 1997 : entre 5h (à la cote) et 85h (au large). Les valeurs moyennes issues de l'étude de 1997 sont d'environ 10 heures pour la configuration estivale et de 20h pour la configuration hivernale, ce qui conforte le choix fait ici.

La concentration en *Escherichia coli* est imposée à la sortie du wharf à la concentration de $2 \cdot 10^6$ particules / 100 mL, pour les trois différents T_{90} imposés. Cette concentration représente une concentration exceptionnelle pour la configuration actuelle du wharf. Elle n'est que rarement atteinte et se place dans la volonté de réaliser les simulations dans un cadre de rejet défavorable.

Des simulations complémentaires ont été réalisées avec une concentration initiale en *Escherichia coli* égale à 10^4 part./100 mL qui correspond au nombre impératif à la sortie du wharf prévu pour l'horizon 2006.



*Ces valeurs encadrent le choix retenu en 1997 pour la concentration en *Ec.*, 10^5 part. / 100 mL. Ce choix permet de mettre en évidence l'impact sur le milieu d'un abattement important réalisé au niveau des stations amont du wharf.*

6.3.3. PRINCIPALES CONCLUSIONS

Le panache des substances rejetées reste à proximité des côtes lors du flot. Il se présente alors sous une forme étirée et très peu large. Lors du jusant, les vitesses obtenues au sud de l'émissaire du wharf étant faibles, on observe une dilution s'effectuant de manière plus uniforme, avec un déplacement quasi-nul du panache. Au sud de l'émissaire, le rejet ne touche pas directement les côtes. Le panache est centré à 800 mètres environ de la plage.

Le phénomène principal caractérisant l'évolution du panache rejeté par l'émissaire du wharf est la convection par les courants pour la partie nord lors du flot et la dispersion – diffusion pour la partie sud lors du jusant. Ceci explique la forme allongée et étroite prise par le panache lors du flot et celle plus étendue spatialement lors du jusant.

A la sortie de l'émissaire, les concentrations en MES obtenues ne dépassent pas 10 mg/L pour les conditions représentées. Le panache turbide de concentrations supérieures à 1 mg/L s'étend sur 2,5 kilomètres au nord de l'émissaire et sur environ 2 kilomètres au sud de celui-ci.



L'étude de 1997 donnait une concentration maximale de 6,5 mg/L au niveau de l'exutoire, pour une concentration dans le collecteur et un débit de rejet différent. Les deux études sont cohérentes sur ce point.

Pour la DCO, seule la zone proche du wharf (environ 200 mètres au nord et quelques dizaines de mètres au sud) est soumise à des concentrations supérieures à 50 mg/L. Elle est inférieure à 100 mg/L au niveau du wharf.



Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues en 1997 : 21,7 mg/L au maximum au niveau du wharf et 15,3 mg/L à 500 m au nord du wharf. Les ordres de grandeurs des valeurs de concentration sont cependant similaires entre les deux études.

Pour une concentration exceptionnelle en coliformes fécaux de type Eschérichia coli (Ec) dans le collecteur (10^6 part./100mL), on constate la grande influence jouée par le facteur de décroissance biologique sur l'étendue des zones concernées et touchées par des concentrations en Ec supérieures à la valeur guide (500 part./100mL).

Pour les trois T_{90} simulées, les plages situées au nord du wharf sont atteintes à au moins un moment du cycle morte-eau vive-eau par des concentrations en Ec supérieures à la valeur guide. **Ces dépassements s'effectuent cependant sur des périodes très restreintes.** Il est cependant à noter que la concentration moyenne au niveau des plages de La Salie nord obtenue sur le cycle de 28 marées et pour un T_{90} de 20 heures est proche de la valeur guide. Pour une valeur de ce coefficient imposée à 10 heures, ces plages sont soumises à une concentration moyenne égale à environ 100 part./100mL.

Pour une concentration en Ec dans le wharf ramenée à 10^4 part/100 mL permettrait d'obtenir, les concentrations observées sont toujours inférieures au nombre impératif pour les eaux de baignade (2 000 part./100mL).

Le nombre guide n'est atteint que pour de très courtes périodes et uniquement aux abords du wharf. **Les côtes ne sont alors pas affectées** par des concentrations en Ec supérieures à 10 part./100 mL au maximum.

| | |
|--|---|
|  | <p><i>La comparaison de ces résultats avec ceux de l'étude précédente est délicate du fait de :</i></p> <ul style="list-style-type: none">- <i>la différence entre les conditions hydro-météorologiques modélisées,</i>- <i>des différences sur les concentrations et le débit du rejet,</i>- <i>des sorties graphiques des résultats de modélisation proposées pour l'étude de 1997.</i> |
|--|---|

7. MODELISATION NUMERIQUE DE LA DISPERSION DES REJETS EN MER DU WHARF DE LA SALIE SUR LA BASE DES LEVES BATHYMETRIQUES DE 2004/2006 – RAPPORT (AVRIL 2008)

7.1. CONTEXTE

Afin de disposer d'éléments mis à jour concernant l'impact des rejets du wharf de La Salie sur la qualité des eaux marines du bassin d'Arcachon, le Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon (SIBA) a confié à SOGREAH l'actualisation de l'étude n° 2 71 1136 réalisée en janvier 2003.

Les évolutions morphodynamiques fortes observées au niveau des passes d'entrée du bassin et des différents bancs et hauts-fonds possèdent une influence non négligeable sur le comportement hydrodynamique du Bassin d'Arcachon. Le devenir des effluents rejetés par le wharf de La Salie, fortement contraint par les conditions hydrodynamiques extérieures, est modifié par ces évolutions des fonds.

L'objectif de cette étude est de quantifier l'éventuelle influence des rejets du wharf au niveau des différents secteurs sensibles (zones de baignades et zones conchylicoles) à l'aide d'une modélisation hydrodynamique et de qualité des eaux bidimensionnelle, pour différents scénarios météorologiques et pour différents scénarios de traitement des effluents du rejet.

Cette étude consiste en la prise en compte :

- d'un état des fonds récent du bassin d'Arcachon et de ses abords par l'intégration des levés bathymétriques les plus récents disponibles dans les modèles hydrodynamique et de qualité des eaux,
- des traitements mis en œuvre au niveau des stations d'épuration de Biganos et de La Teste-de-Buch,

de manière à proposer ainsi une actualisation des impacts du rejet du wharf sur le milieu environnant.

7.2. MODELISATION COURANTOLOGIQUE

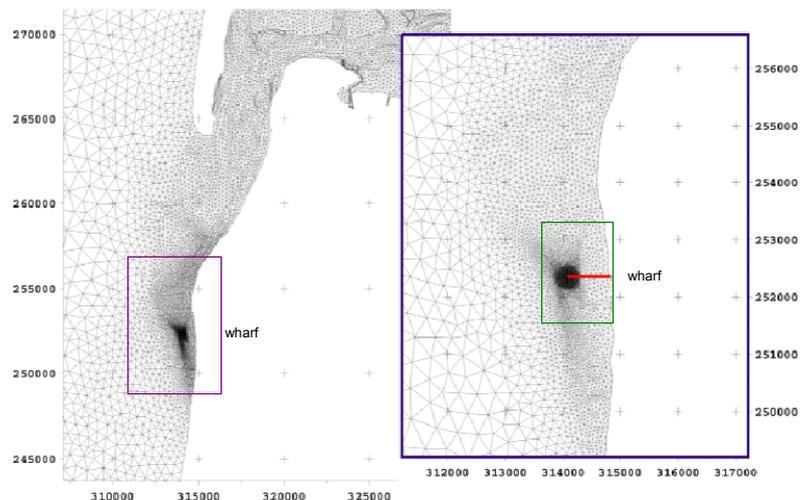
7.2.1. MODELE MIS EN ŒUVRE ET BATHYMETRIE ASSOCIEE

7.2.1.1. MAILLAGE

Le maillage mis en œuvre dans le cadre de l'étude d'actualisation est plus dense que celui créé pour l'étude de 2003. Il comporte environ 14 000 nœuds et 27 200 mailles triangulaires.

Les tailles des mailles du modèle réalisé dans le cadre de l'étude d'actualisation sont les suivantes :

- 2 km pour les frontières maritimes à l'Ouest,
- 250 m dans le Bassin d'Arcachon,
- 100 m au niveau des passes d'entrée du bassin
- et 5 m dans un rayon de 800 mètres autour de l'exutoire du wharf.



Une telle définition est nécessaire pour représenter de manière correcte la dilution des eaux rejetées dans les 100 premiers mètres autour de l'exutoire du wharf.

Un extrait de ce maillage est présenté sur la figure ci-contre.

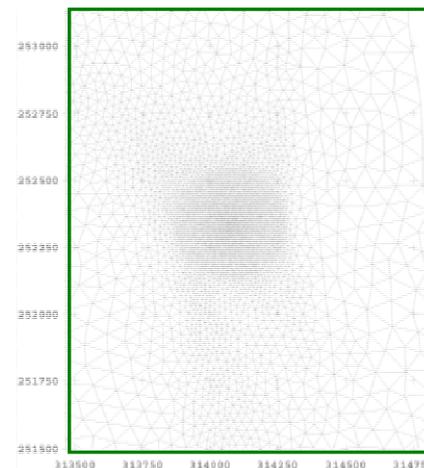


Figure N° 16. : EXTRAIT DU MAILLAGE DES MODELES HYDRODYNAMIQUE ET DE QUALITE DES EAUX DU BASSIN D'ARCACHON.

Ce maillage est adapté à la nouvelle configuration des fonds représentée (passes, chenaux, hauts-fonds,...). Au niveau des chenaux et des passes, les mailles sont raffinées et contraintes afin de correctement représenter les sections hydrauliques les passes d'entrée et les chenaux du bassin.



Le maillage réalisé dans le cadre de cette étude possède environ deux fois plus de mailles que celui mis en œuvre en 2002-2003. La finesse proposée au niveau de l'exutoire permet de représenter de manière très fine les premiers instants de dilution du rejet dans l'océan.

7.2.1.2. BATHYMETRIE

Les levés bathymétriques réalisés depuis 2004 par le SIBA et le Service Maritime ont été intégrés dans les modèles mis en œuvre dans le cadre de cette étude.

La bathymétrie pour les secteurs proches du wharf de La Salie intégrée dans les modèles est issue de levés plus denses que ceux disponibles pour l'étude de 2003. Les fonds des environs du wharf y sont décrits de manière plus fine.

Les évolutions bathymétriques observées entre les modèles de 2003 et de 2006 concernent essentiellement les passes nord et sud du bassin ainsi que la zone néritique externe au droit du wharf.

Au niveau des passes, la bathymétrie du modèle de 2003 était issue de levés réalisés en 2000-2001 pour la passe nord et en 1995-1998 pour la passe sud. **On observe un approfondissement des parties sud des passes et un comblement de leurs parties nord, ce qui traduit une migration des passes vers le sud.**

Le Banc du Pineau, situé au nord du wharf et au sud de la passe sud, est plus important en 2006 qu'il ne l'était en 2003. Il a également progressé vers l'ouest.

Ces modifications impactent localement les conditions hydrodynamiques (notamment la répartition des flux) au niveau de la passe sud, aux abords du wharf et au droit du Pyla-sur-Mer. Le comportement du panache des effluents rejeté par le wharf s'en trouve également modifié par rapport à celui décrit lors de l'étude de 2003.

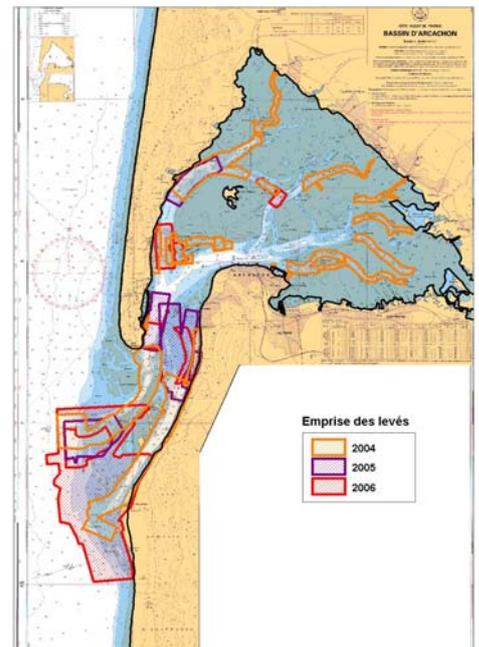
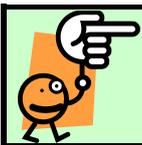


Figure N° 17. EMPRISE DES LEVES BATHYMETRIQUES UTILISES POUR L'ACTUALISATION DU MODELE.



L'évolution de la passe sud (migration vers le sud) telle que décrite en 1991 se poursuit encore en 2006.

7.2.2. ANALYSE DU VENT

Une analyse statistique a été menée dans le cadre de cette étude afin de caractériser les conditions de vent (intensité et direction) observées sur le secteur d'étude.

7.2.2.1. ANALYSE ANNUELLE

L'analyse statistique des données la station météorologique du Cap-Ferret est réalisée afin de caractériser le vent observé au niveau de la zone d'étude (période 1986-2005).

Les roses des vents obtenues montrent une prédominance des vents de secteur ouest-sud-ouest à nord-nord-ouest (N240 à N340), tant en fréquence (54 % des vents annuels) qu'en intensité.

Du point de vue des intensités, l'analyse montre que :

- 73 % des vents sont inférieurs à 10 m/s,
- 25 % des vents sont compris entre 10 et 20 m/s,
- 2 % des vents sont supérieurs à 20 m/s.

7.2.2.2. ANALYSE SAISONNIERE

Une analyse saisonnière a ensuite été menée sur les données précédemment décrites en séparant la période estivale (avril à septembre) de la période hivernale (octobre à mars).

Il ressort de cette analyse que :

- **les vents d'ouest sont présents toute l'année.** La fréquence des vents d'ouest est équivalente en période estivale et en période hivernale,
- **en été, il y a une prédominance des vents marins de secteur nord-ouest à nord-nord-ouest,**
- en hiver, les vents d'ouest et de sud-est sont les plus fréquents,
- en hiver, les vents secteur nord-est et sud-est et sud sont plus fréquents qu'en période estivale



L'étude comparée des analyses statistiques réalisées sur le vent au Cap-Ferret pour différentes périodes est proposée en synthèse de cette note.

7.2.3. CONDITIONS HYDRO-METEOROLOGIQUES

7.2.3.1. MAREES

Le cycle hydrodynamique repris dans le cadre de cette étude est identique à celui retenu lors de l'étude de 2003.

Les coefficients de marée rencontrés sont compris entre 31 et 115. Ce cycle représente un panel large de marées typiques du secteur d'étude, ainsi que des marées plus exceptionnelles : les marées de coefficient inférieur à 31 représentent 1,66 % des marées annuelles et celles de coefficient supérieur à 115 représentent 0,5 % des marées annuelles.

Le graphique ci-après présente l'évolution de la cote de l'eau au niveau du wharf et les coefficients de marée associés au cours du cycle hydrodynamique modélisé.

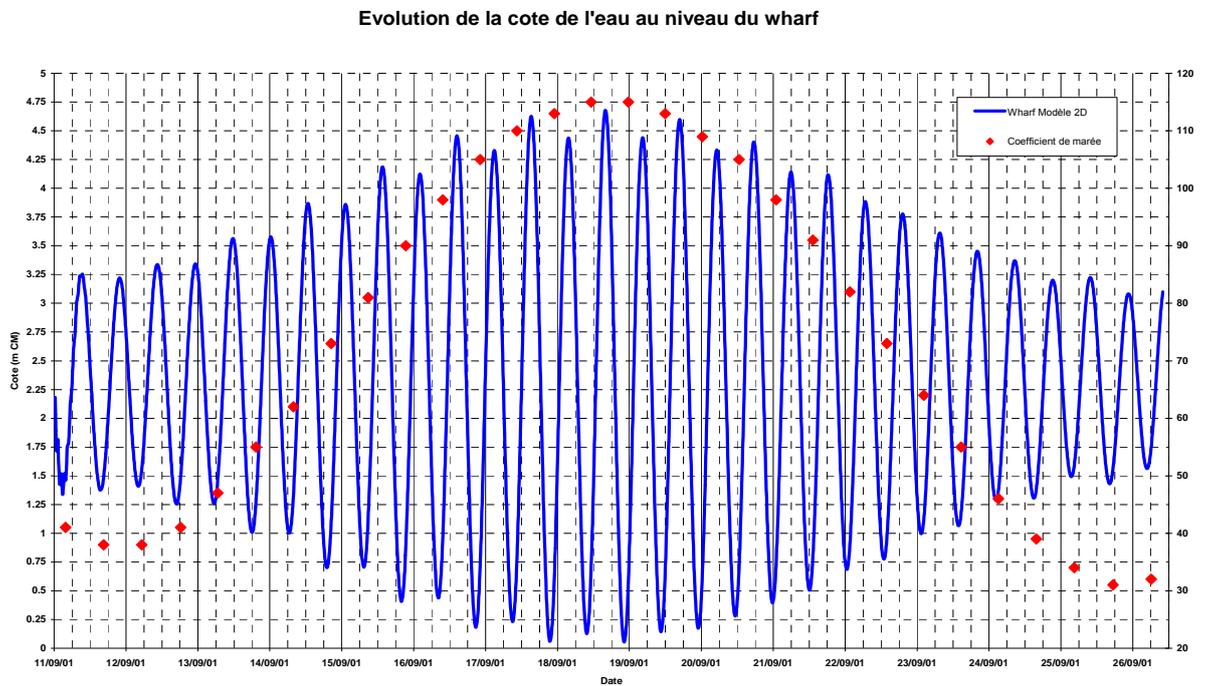


Figure N° 19. CYCLE HYDRODYNAMIQUE REPRESENTÉ.

7.2.3.2. VENT

Deux scénarios météorologiques (vent) ont été définis afin de représenter deux situations pénalisantes pour les rejets du wharf vis-à-vis de deux enjeux distincts :

- 1 - secteurs ostréicoles du bassin d'Arcachon et du banc d'Arguin, situés au nord du wharf,
- 2 - zones de baignades de Biscarosse-Plage situées au sud du wharf et celles situées au nord du wharf (La Salie sud et nord, La Lagune, Petit Nice, ...).

Les deux scénarios retenus représentent **des situations estivales réalistes mais défavorables** quant à une évolution des effluents du wharf en direction des secteurs à enjeux.

La première chronique de vent retenue est identique à celle imposée dans le cadre de l'étude de 2003. Elle est plus proche des conditions de vent observées annuellement que des conditions de vent observées uniquement en période estivale. Il existe une forte prédominance des vents d'ouest-sud-ouest sur la chronique, ainsi que des vents de secteur nord-ouest, nord-nord-est et est.

Cette chronique de vent favorise un retour du panache des eaux rejetées par le wharf vers les cotes, que se soit vers le sud en direction des plages de Biscarosse ou vers le Nord en direction du Banc d'Arguin ou de l'entrée du Bassin d'Arcachon.

Il convient de noter que ses conditions retenues ne sont pas représentatives des conditions de vent usuellement observées en été au niveau du wharf. Les vents de secteur nord-ouest sont notamment sous-estimés par rapport aux données statistiques estivales.

Cette chronologie est issue d'un relevé météorologique réel et **consiste donc à la représentation d'une situation estivale réelle défavorable.**

Le second scénario de vent modélisé dans le cadre de cette étude représente une session de vent théorique caractéristique des conditions météorologiques estivales usuellement observées aux abords du bassin d'Arcachon. Il est repris de l'étude réalisée par l'IFREMER en 1997-1998 pour le compte du SIBA.

Elle présente une prédominance du vent de nord-est n'est qui est peu conforme aux résultats de l'analyse spécifique réalisée sur les données de vent en période estivale. Cependant, **ce scénario théorique a pour but de représenter des vents d'intensités conformes à celles observées en période estivale et dont la direction est défavorable quant au transport du panache des effluents du wharf en direction des zones de baignade du sud (Biscarosse).**

Les remontés du panache en direction du Bassin seront donc limitées et moindres que celles qui seront obtenues pour le cycle réel défavorable présenté précédemment.

7.2.4. CALAGE

Les paramètres de modélisation (modèle de turbulence, coefficients de frottements,...) retenus pour les différents modèles hydrodynamiques du Bassin d’Arcachon mis en œuvre dans le cadre des précédentes études réalisées par SOGREAH pour le compte du SIBA sont conservés.

Les modifications effectuées lors du raffinement local des mailles au niveau du wharf n’ont pas modifié la bonne représentativité du comportement hydrodynamique global du modèle, comme le montrent les graphiques de la figure ci-dessous (comparaison des évolutions du niveau de l’eau produites par le SHOM et par le modèle 2D).

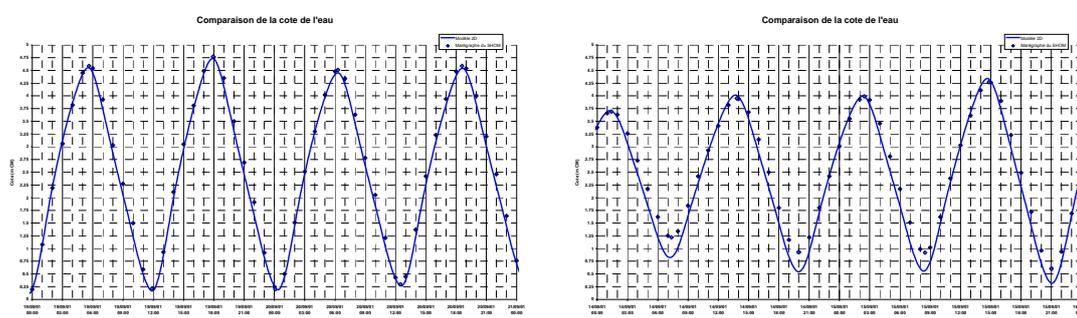


Figure N° 20. COMPARAISON DES RELEVÉS MAREGRAPHIQUES ET DES RESULTATS DE MODELISATION AU NIVEAU D’EYRAC (MAREES DE VIVE-EAU A GAUCHE ET DE MORTE-EAU A DROITE).

Le modèle hydrodynamique est bien représentatif du comportement hydrodynamique observé dans le Bassin d’Arcachon ainsi qu’aux abords du wharf.

7.2.5. MODELISATION DES EFFLUENTS

7.2.6. LOGICIEL EMPLOYE

Le modèle de qualité des eaux utilisé pour cette étude est réalisé à l'aide du logiciel SUBIEF-2D, tout comme dans l'étude précédente.

7.2.7. SIMULATIONS REALISEES

Les scénarios de rejet modélisés consistent à la représentation sur 15 jours du débit de pointe estival du wharf (60 000 m³/jour), pour :

- un traceur passif (type DCO, de concentration dans le collecteur de 500 mg/L) permettant d'étudier la dilution des effluents dans le milieu naturel,
- trois valeurs de concentration de polluant bactériologique (Eschérichia coli), correspondant à différents niveaux de traitements bactéricides réalisés par les stations d'épuration des communes du Bassin d'Arcachon (situation antérieure type 2003, intermédiaire et recherchée par les travaux réalisés, soit respectivement 1E6, 1E5 et 1E4 part./100 mL). Ces concentrations sont représentées pour trois temps de décroissance bactériologique: 10, 15 et 20 h. Il est rappelé qu'un temps de décroissance de 15 h est caractéristique de la situation estivale,
- les matières en suspension (80 mg/L) présentes dans les eaux rejetées.



*Le débit de rejet reste identique à celui retenue pour l'étude de 2003.
Certaines concentrations de rejet sont identiques à celles de l'étude de 1997 (MES et Ec), les autres restant identiques à celles retenue pour l'étude de 2003.
La représentation de la décroissance bactériologique des polluants bactériologiques est la même que celle employée en 2003.*

7.2.8. LIMITES

Les limites associées à la modélisation réalisée dans le cadre de la présente étude sont les suivantes :

- les conditions observées dans le milieu naturel concernant les concentrations en coliformes fécaux et en matières en suspension ne sont pas prises en compte par le modèle. Les résultats présentés dans la suite de ce rapport **concernent uniquement les substances issues du rejet du wharf**, qui se rajoutent aux concentrations présentes dans le milieu naturel,
- la modélisation mise en œuvre est bidimensionnelle, ce qui signifie que l'ensemble des valeurs hydrauliques et de qualité des eaux sont supposées réparties de manière uniforme sur l'ensemble de la colonne d'eau. La stratification des écoulements due aux différences de densité entre les eaux douces et salées et l'influence du vent sur les couches de surface ne sont pas représentées par ce type de modélisation,
- l'influence de la houle, que ce soit son rôle sur le transport des effluents rejetés (courant de houle) ou sur leur dilution n'est pas prise en compte par les outils de modélisation et la méthodologie employée dans le cadre de cette étude. Le transit littoral et les courants associés peuvent être prépondérants par rapport aux courants de marée, surtout au niveau de la zone de déferlement et en dehors des passes et des chenaux du Bassin d'Arcachon.

7.2.9. PRINCIPALES CONCLUSIONS

7.2.9.1. POLLUTION BACTERIOLOGIQUE

Les zones conchylicoles les plus proches du wharf (Banc d'Arguin et Grand Banc) ne sont pas impactées par une pollution bactériologique mesurable issue des rejets du wharf pour les différentes configurations modélisées (situations antérieure, intermédiaire et recherchée par les traitements bactéricides et pour les deux scénarios hydrométéorologique représentés). Les concentrations en E.c. sont toujours inférieures à 15 part./100 mL (limite basse mesurable) .

Les plages de La Salie nord et sud sont soumises à la pollution du wharf de part leur proximité avec l'exutoire pour la situation antérieure à la prise en compte des traitements.

La prise en compte des traitements bactéricides au niveau des stations d'épuration du Bassin permet de limiter très fortement l'impact de la pollution bactérienne issue du rejet. Les pointes de concentrations sont inférieures à 100 part./100 mL au niveau de ces plages pour les différents scénarios hydrométéorologiques modélisés.

Dans la situation antérieure à la mise en œuvre des traitements, les plages de La Lagune et du Petit Nice sont concernées à un instant du cycle de marée par une concentration maximale pouvant dépasser 500 part./100 mL en marée de vive-eau.

Pour une concentration en E.c. dans le collecteur prenant en considération des traitements bactéricides (10^4 et 10^5 part./100 mL), les plages de Biscarosse au sud, de La Lagune , du Petit Nice de La Corniche,..., au nord, et plus généralement les cotes, sont exemptes de pollution bactériologique mesurable. La concentration en E.c. y est toujours inférieure à 15 part./100 mL pour chaque instant des cycles de marée modélisés.

La mise en œuvre des traitements bactéricides permet de limiter très localement l'impact bactériologique des rejets. Les zones conchylicoles ne sont pas impactés par les rejets du wharf, tout comme les zones de baignades, à l'exception des plages de La Salie sud et nord qui peuvent être touchées par une pollution bactériologique issue du wharf mesurable mais faible (concentrations maximales en E.c. inférieures à 100 part./100 mL).



Les simulations (antérieures et postérieures à la mise en œuvre des traitements bactéricides) sont réalisées pour une configuration des fonds et une hydrodynamique associée conformes à la situation 2004-2006.

7.2.9.2. DILUTION DES EFFLUENTS – TRACEUR PASSIF DE TYPE DCO

Il faut rappeler que la dilution présentée ici concerne un traceur passif non dégradable, rejeté de manière continue durant l'ensemble du cycle hydrodynamique. Cette configuration représente donc une situation extrêmement pessimiste par rapport à la situation réelle pour laquelle les différentes substances rejetées par le wharf sont :

- soit dégradables à plus ou moins long terme,
- soit liées à des particules et possèdent alors une vitesse de sédimentation qui en limite le transport par les courants.

Le banc d'Arguin est concerné par des dilutions des effluents du wharf toujours supérieures à 5 000 pour sa partie nord et est, et par une dilution toujours supérieure à 10 000 pour sa partie sud et centrale. **Les concentrations associées à ces dilutions ne sont pas détectables par mesure** (0,1 et 0,05 mg/L).

Au niveau du secteur du **Grand Banc**, la dilution est toujours supérieure à 10 000 pour les deux scénarios hydrométéorologiques modélisés. **Les concentrations maximales sont donc toujours inférieures à 0,05 mg/L, soit une valeur non décelable par mesure.**

Au niveau des plages de La Salie nord et sud sont concernées, la dilution des effluents du wharf est toujours inférieure à 250 à chaque instant des cycles modélisés (concentration supérieure à un instant du cycle à 2 mg/L, limite basse mesurable).

Au niveau des plages de Biscarosse nord et sud, la dilution minimale est toujours supérieure à 100 (concentration maximale toujours inférieure à 5 mg/L – limite de détection par mesure).

Les plages situées au nord de La Salie nord et les plages de Biscarosse ne sont pas touchées par des concentrations en traceur passif de type DCO quantifiable par mesure pour les deux scénarios hydrométéorologiques modélisés.

7.2.9.3. MATIÈRES EN SUSPENSION

Il convient de rappeler que le rôle de la houle sur le maintien en suspension des particules dans la colonne d'eau et sur la reprise des sédiments déposés sur le fond n'est pas intégré dans les calculs réalisés et présentés ici.

Les concentrations maximales en matières en suspension à proximité immédiate de l'émissaire du wharf sont proches de 30 mg/L.

A 1 km du wharf, la concentration maximale en MES est toujours inférieure à 1 mg/L pour les deux scénarios hydrométéorologiques modélisés.

Cette simulation montre que les particules de faible taille présentes dans les rejets du wharf sont transportées sur une distance réduite par les courants de marée.

Les secteurs à enjeux (plages et secteurs conchylicoles) ne sont pas impactés par les rejets de MES issus du wharf.

8. MODELISATION NUMERIQUE DE LA DISPERSION DES REJETS EN MER DU WHARF DE LA SALIE SUR LA BASE DES LEVES BATHYMETRIQUES DE 2004/2006 –EXTENSION DU WHARF AU LARGE – NOTE TECHNIQUE (SEPTEMBRE 2008)

8.1. CONTEXTE

Suite à la demande du SIBA, SOGREAH a réalisé des simulations complémentaires à l'aide du modèle hydrodynamique et de qualité des eaux du Bassin d'Arcachon dont l'exploitation des résultats fait l'objet de la présente note.

Cette demande consiste à déterminer l'impact sur la qualité des eaux (positif ou négatif) du déplacement de l'exutoire du wharf de la Salie vers le large. Il a été retenu pour les tests de réaliser un déplacement de l'exutoire de 1 km vers l'ouest par rapport à sa position actuelle.

8.2. MODELISATION COURANTOLOGIQUE ET MODELISATION DES EFFLUENTS

La méthodologie retenue est identique à celle employée dans l'étude précédente.

8.2.1. PRINCIPALES CONCLUSIONS

L'idée d'éloigner l'exutoire du wharf pour diminuer les impacts des rejets du wharf de La Salie au niveau de l'entrée du Bassin d'Arcachon (Banc d'Arguin notamment) est justifiée par une dilution des effluents rejetés plus importante que pour la situation actuelle du fait de l'augmentation des hauteurs d'eau au large. **Cet éloignement permet en effet de diminuer les concentrations des effluents rejetés aux abords de l'exutoire.**

Ce bénéfice est cependant annulé ou réduit par le transport hydrodynamique, plus important et plus défavorable au large du site de rejet actuel. Les masses d'eau à 1 km à l'ouest du point de rejet actuel atteignent plus rapidement les zones de fortes vitesses des passes que celles situées à l'exutoire actuel du wharf. Le transport des masses d'eau du large est alors plus rapide vers les zones à enjeux (secteurs ostréicoles) que celles situées plus près des côtes.

Le gain apporté par le déplacement du wharf de 1 km vers le large reste de ce fait relativement faible en termes de dilution des rejets à proximité des zones à enjeux situées à l'entrée du Bassin d'Arcachon.



Contrairement à l'étude de 1991 sur l'allongement du wharf, qui concluait sur un effet positif de l'allongement de la longueur de l'émissaire, l'étude de 2008 nuance ce gain et l'intérêt d'une telle solution.

IV. SYNTHÈSE

La présente note a pour objectif de mettre à plat l'ensemble des connaissances acquises depuis plus de 20 ans concernant l'impact de courantologie et des évolutions morpho-dynamiques sur le transport des effluents du wharf.

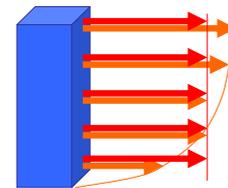
Cette dernière partie a pour objectif de réaliser la synthèse des différentes études réalisées avec une la vision actuelle de la problématique de manière à mettre en évidence le rôle joué par les différents paramètres et leurs évolutions au cours du temps sur le transport des effluents du wharf de La Salie.

9. LES LIMITES DE MODELISATION

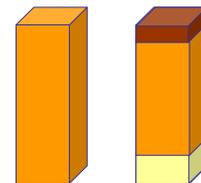
Les études réalisées dans les précédentes années se basent sur l'analyse des résultats fournis par des logiciels de modélisation numérique. Avant de rappeler les conclusions générales de ces études, il est impératif de rappeler les limites, les hypothèses, associées à ces outils :

- **les modélisations mise en œuvre dans le cadre des précédentes études sont bidimensionnelles, ce qui signifie que l'ensemble des valeurs hydrauliques et de qualité des eaux sont supposées réparties de manière uniforme sur la colonne d'eau :**

- **la stratification des écoulements due aux différences de densité entre les eaux douces et salées n'est pas représentée par ce type de modélisation,**
- **l'influence du vent est moyennée sur l'ensemble de la colonne d'eau alors qu'in-situ, celle-ci est plus importante pour au niveau de la surface qu'au fond et à proximité de la cote qu'au large,**
- **les concentrations calculées sont des concentrations moyennes dans un grand volume d'eau du fait de la taille des mailles.**



Profil de vitesse modélisé
Profil de vitesse réel



Concentration modélisée
Concentration réelle

- certaines simulations sont effectuées par coefficient de marée et conditions de vents constants sur plusieurs jours, ce qui ne se produit jamais dans la réalité,
- **l'influence de la houle, que ce soit son rôle sur le transport des effluents rejetés (courant de houle) ou sur leur dilution n'est pas prise en compte par les outils de modélisation** et la méthodologie employée dans le cadre de cette étude. Le transit littoral et les courants associés peuvent être prépondérants par rapport aux courants de marée, surtout au niveau de la zone de déferlement et en dehors des passes et des chenaux du Bassin d'Arcachon
- les concentrations des éléments présents dans le milieu naturel ne sont pas prises en compte dans les calculs réalisés. Les résultats présentés **concernent uniquement les substances issues du rejet du wharf**, qui se rajoutent aux concentrations présentes dans le milieu naturel

- les composés apportés par l'effluent sont traités comme des composés dissous ce qui est à peu près vrai pour les métaux, voire pour l'azote, mais certainement pas pour les DCO, DBO, MES et bactéries
- les composés (excepté les bactéries) sont traités comme des éléments conservatifs alors qu'en réalité certains de ces composés subissent une dégradation rapide dans le milieu naturel
- le rejet des composés est supposé continu, ce qui n'est pas le cas dans la réalité (variations des flux journaliers, saisonniers, et pics de pollution dus aux pluies ou au dysfonctionnement des stations).

10. EVOLUTION DES VENTS

L'analyse comparée des études statistiques des vents enregistrés au sémaphore du Cap Ferret sur deux longues périodes distinctes (1955-1980 et 1986-2005) a permis de mettre en évidence l'évolution de la fréquence d'apparition des vents entre ces périodes.

La figure suivante présente la comparaison de ces analyses sous la forme de rose des vents statistique. En traits pleins est représentée l'analyse de la période récente (1986 – 2005) et en traits pointillés celle de la période 1955 – 1985.

Rose des vents annuelle - Données à la station météorologique du Cap Ferret

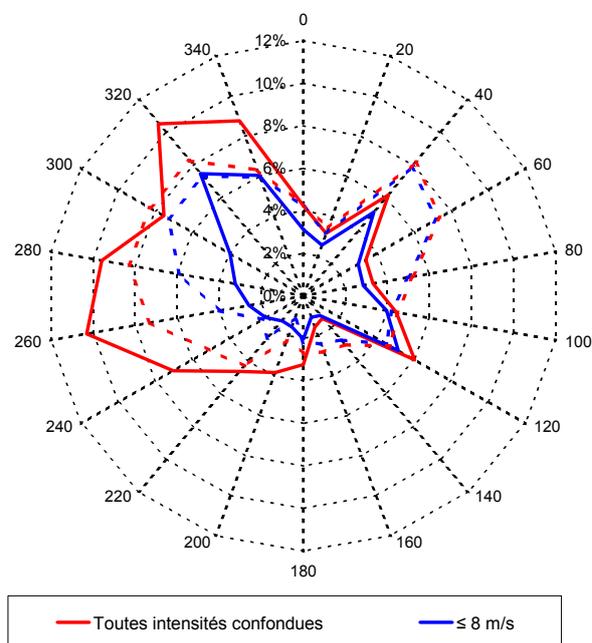
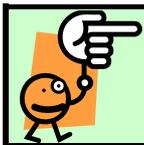


Figure N° 21. FIGURE 1 FREQUENCE DES INTENSITES DES VENTS AU CAP FERRET.

Il ressort de cette analyse que :

- pour ces deux périodes :
 - les vents sont majoritairement de secteur ouest et nord ouest,
 - les vents forts sont de secteur ouest (dépressions océaniques),
 - les vents de secteurs nord-est à sud-est sont très faibles (inférieurs à 8 m/s),
 - les vents les moins fréquents sont ceux de secteur sud-sud-est, puis de nord-nord-est et enfin d'est,
- il a été observé sur la période 1986-2005 par rapport à 1955-1980 :
 - plus de vents de secteurs ouest et nord-ouest,
 - moins de vents faibles et plus de vent forts de secteurs ouest et nord-ouest qu'entre 1955 et 1980,
 - moins de vents de secteurs nord-est (vents faibles).



Sur la période récente, les vents forts de secteurs ouest (sud-ouest à nord-ouest) sont plus fréquents et les vents d'est, d'intensité faible, sont eux moins fréquents.

11. IMPACT DU VENT SUR LE TRANSPORT DES EFFLUENTS

La figure suivante présente l'impact des scénarios de vent retenus lors de l'étude de 2008 sur le transport de flotteurs lâchés au moment du flot depuis le wharf, pour deux marées caractéristiques (morte-eau et vive-eau exceptionnelle) et pour une configuration des fonds de 2006.

Ces résultats sont issus des calculs de modélisation réalisés en 2008.

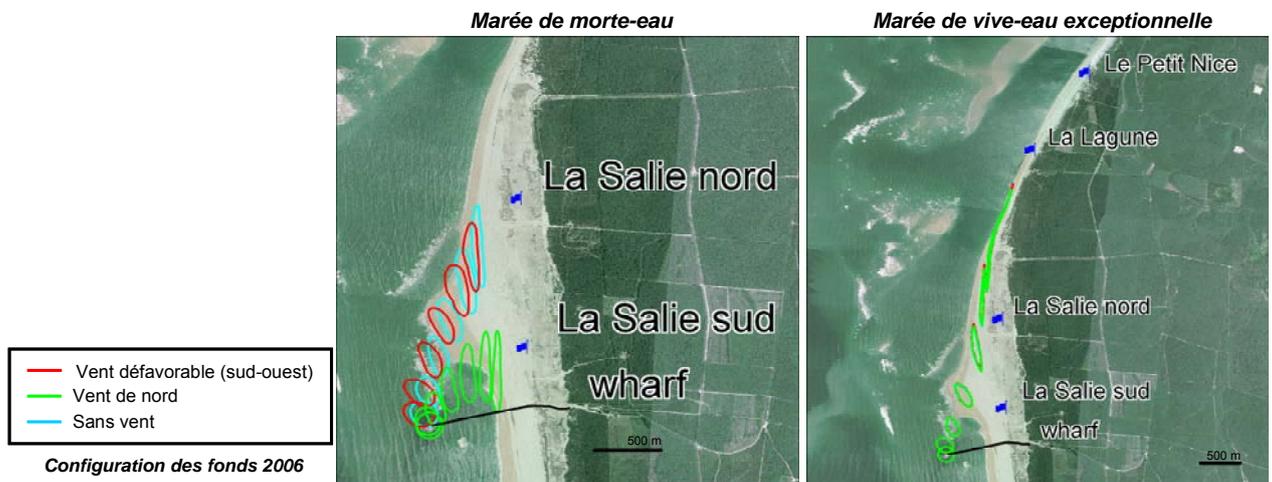


Figure N° 22. INFLUENCE DU VENT SUR LE TRANSPORT DES EFFLUENTS

L'analyse de ces figures montre que le vent possède un rôle sur le transport des effluents :

- au large (concentrations très faibles)
- à la cote pour les marées de faible coefficient

Selon sa direction et son intensité, il peut rapprocher les effluents des cotes et augmenter la distance parcourue par les rejets

Le vent possède un rôle très réduit pour les marées de fort coefficient



L'analyse menée avec les outils de modélisation mis en œuvre en 2008 confirme les conclusions de l'étude de 1991 sur l'impact du vent sur l'hydrodynamique et le transport des effluents.



L'augmentation de la fréquence des vents d'ouest et sud-ouest a eu pour conséquence de rapprocher plus fréquemment le panache des effluents des cotes au nord du wharf.

12. EVOLUTION DE LA BATHYMETRIE

Les figures suivantes illustrent les évolutions bathymétriques observées entre 1985 et 2010. Les secteurs rouges présentent les zones à tendance au dépôt et les secteurs bleus celles à tendance à l'érosion.

Les données antérieures à 2000 ne sont au format numérique, ce qui rend complexe leur exploitation et leur comparaison avec les levés récents.

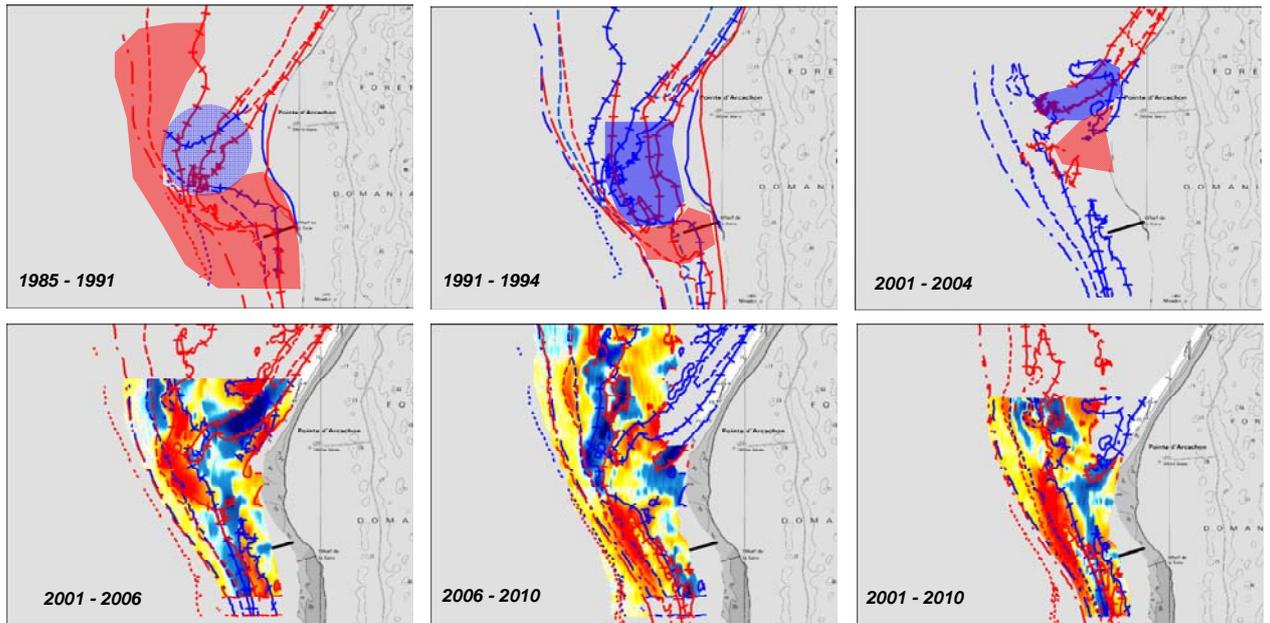


Figure N° 23. EVOLUTIONS BATHYMETRIQUES ENTRE 1985 ET 2010.

Le SIBA a fourni à SOGREAH des levés bathymétriques depuis 2000, mais sur des zones diverses qui ne se recouvrent pas complètement d'une période à une autre. Dans les comparaisons présentées ci-dessus, les secteurs grisés sont ceux pour lesquels la comparaison n'est pas possible faute d'information disponible pour l'une des deux dates retenues. Il n'y est alors pas possible d'y déterminer la tendance d'évolution des fonds marins.

Entre 1972 et 2000, les analyses des évolutions des fonds montrent une migration de la passe sud en direction du sud, ainsi qu'un changement d'orientation de son embouchure (de sud-ouest à sud). Au niveau du wharf, un rehaussement des fonds est observé. L'étude de 1991 conclue sur un rehaussement continu de ce secteur sur une vingtaine d'année.

Les comparaisons des fonds aux abords de la passe sud et du wharf entre 2001 et 2006, entre 2006 et 2010 et entre 2000 et 2010 montrent des comportements très variables selon les secteurs et les périodes.

Sur cette période, la passe sud continue à migrer en direction du sud (érosion au sud et engraissement au nord de la passe sud).

Au large du wharf, le comportement sédimentaire est à l'engraissement des fonds, à proximité de l'exutoire, celui est passé de l'érosion au dépôt entre 2000-2006 et 2006-2010.

Les cartographies suivantes présentent les bathymétries des fonds au niveau de la passe sud en 2000-2001, 2006 et 2010.

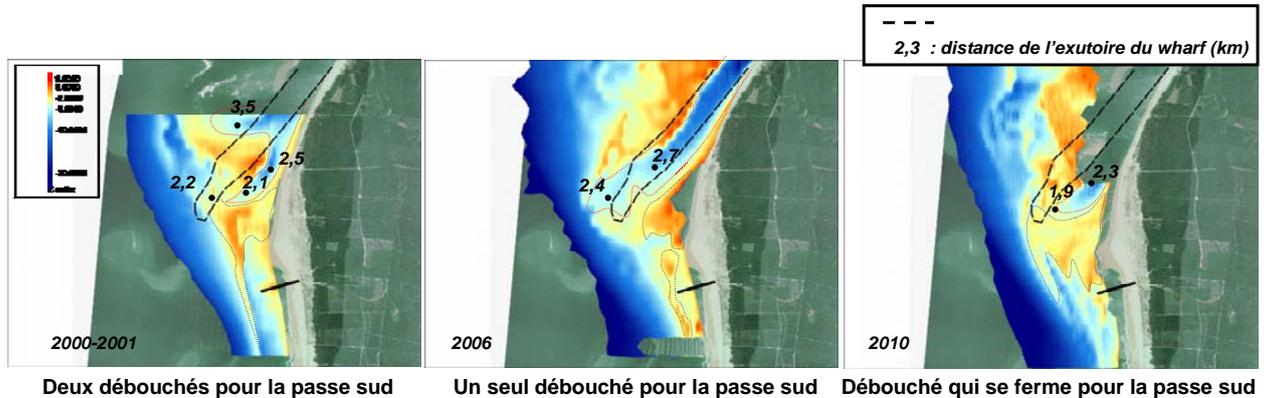


Figure N° 24. BATHYMETRIE AU NIVEAU DE LA PASSE SUD ET DU WHARF (2000-2001, 2006 ET 2010).

Il ressort de l'analyse de ces cartes les remarques suivantes :

- en 2000-2001, la passe sud présente deux débouchés, dont le premier orienté ouest/est et le second sud-ouest / nord-est. Ces deux débouchés sont partiellement « bouchés » à leur extrémité.
- en 2006, la passe sud ne présente plus qu'un seul débouché, orienté sud-ouest / nord-est. Ce débouché est ouvert sur sa partie au large (plus de présence de hauts-fonds comme en 2001).
- en 2010, l'extrémité de la passe sud se présente dans une configuration plus au sud que celle observée en 2006.
- les bancs de sables situés au nord du wharf présentent une migration continue en direction du sud (et donc du wharf) entre 2000 et 2010.
- **au niveau du wharf, les fonds semblent avoir continué à se rehausser, comme cela avait été décrit lors de l'étude de 1991.**
- au sud du wharf, les fonds semblent s'être érodés entre 2006 et 2010.

Bien que variable dans le temps, l'évolution globale des fonds sur le secteur d'étude depuis 1972 se traduit par la migration de la passe sud en direction du sud, et surtout par la migration de l'embouchure de cette passe qui se rapproche du wharf.

Au niveau du wharf, on observe une rehausse des fonds depuis 1972.

Au large, les évolutions des fonds sont plus variables et fluctuantes et ne présentent pas de tendance particulière à long terme.



L'évolution constante de la morphologie des passes (migration continue de la passe sud en direction du wharf) entraîne une modification du comportement hydrodynamique au niveau du wharf et donc un impact direct sur le comportement des rejets du wharf de La Salie.

12.1. INFLUENCE DES ÉVOLUTIONS DES FONDS SUR LE TRANSPORT DES EFFLUENTS

Les figures suivantes présentent le suivi de flotteurs lâchés depuis le wharf au moment du flot pour deux marées caractéristiques (morte-eau et vive-eau exceptionnelle) pour les configurations des fonds de 2001 et de 2006.

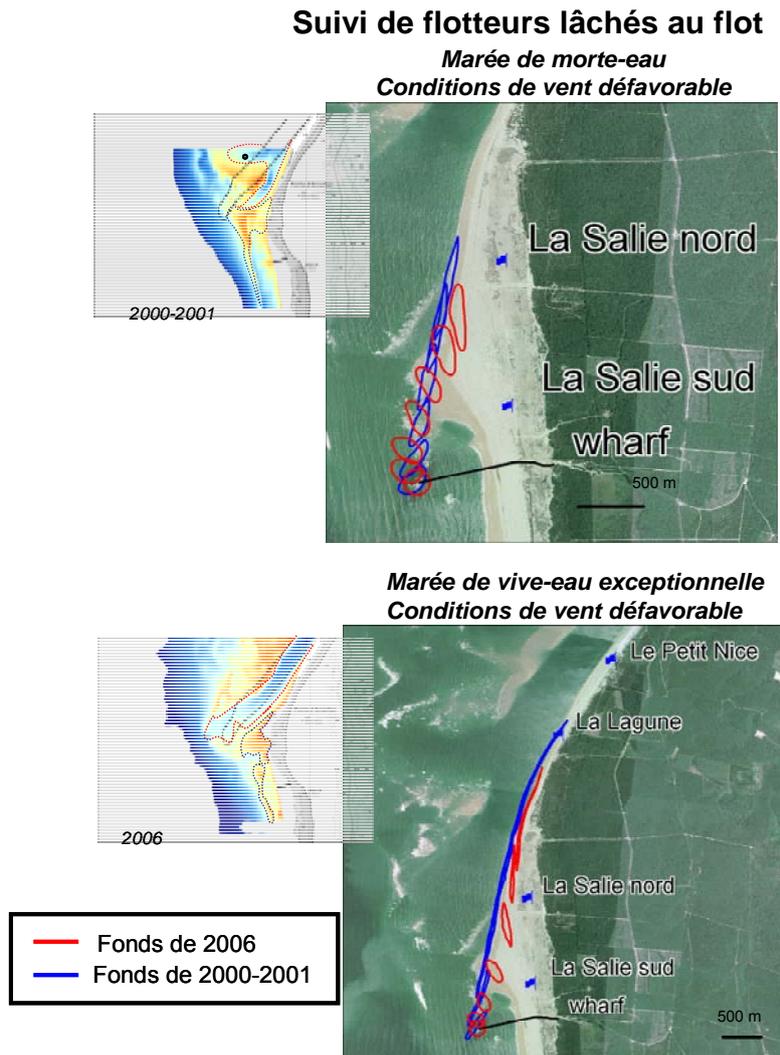


Figure N° 25. IMPACT DE L'ÉVOLUTION DES FONDS ENTRE 2001 ET 2006 SUR LE TRANSPORT DES EFFLUENTS



Entre 2001 et 2006, l'évolution des fonds implique des rejets qui remontent moins au nord du wharf et qui se rapprochent plus de la cote. Ce comportement est similaire à celui entraîné par les évolutions des fonds observées entre 1972 et 1991. Depuis 1972, du fait des évolutions des fonds, les rejets ont tendance à se rapprocher des cotes littorales.

ETUDES DE MODELISATION COURANTOLOGIQUE ET DE REJET DES EFFLUENTS DU WHARF DE LA SALIE

12.2. SYNTHESE DES ETUDES DE DILUTION DES EFFLUENTS DU WHARF

Le tableau suivant synthétise l'ensemble des paramètres retenus lors des différentes modélisations de transport et de diffusion des effluents du wharf réalisées depuis 1997.

Il permet de se rendre compte des différences existantes entre l'ensemble des simulations réalisées dans le cadre des études de modélisation mise en œuvre depuis 1997 et de la difficulté de comparer les résultats de ces études entre eux.

| Etude : | | 1997 | 2003 | 2008 | |
|---|---------------------------------------|---|--|--|-----------------|
| | | Unité | | | |
| Conditions hydro-météorologiques | Marée | marée de morte-eau répétée 14 jours marée de vive-eau répétée 14 jours | cycle réel de 14 jours (entre C32 et C115) | | |
| | Vent | 1 condition sans vent 2 conditions théoriques | 1 condition sans vent 1 condition avec vent réel | 1 condition sans vent 1 condition avec vent réel 1 condition avec vent théorique | |
| Bathymétrie intégrée au niveau de la passe sud et du wharf | | 1991-1993 (passes) 1996 (wharf) | 2000-2001 (wharf et passes) une partie de la passe sud est interpolée sur des levés de 1995- 1998 | 2004-2006 pour l'ensemble du système passes et wharf | |
| Débit du wharf | m3/jour | 86 400 | 60 000 | | |
| | m3/s | 1 | 0.694 | | |
| Taux de dilution appliqué à différents traceurs conservatifs (concentration dans le collecteur) | COD | mg/L | 100 | x | |
| | DBO5 | mg/L | 200 | x | |
| | DCO | mg/L | 500 | 500 | |
| | Azote | mg/L | 18 | x | |
| | Plomb | mg/L | 3E-3 | x | |
| | Mercuré | mg/L | 3E-4 | x | |
| Traceur sédimentologique | MES | mg/L | 35 - 80 - 150 la notion de dépôt n'est pas intégrée | 60 | 80 |
| Traceur avec décroissance bactériologique | Eschérichia coli | part. / 100 mL | 1E5 | 1E4 - 2E6 | 1E4 - 1E5 - 1E6 |
| | Temps de décroissance bactériologique | heure | calculé : 5 - 85 | imposé : 10 - 15 - 20 | |

| Etude | 1997 | | 2003 | | 2008 | | 2008 | |
|--------------------------------|---|---|-----------------------|---|---------------------|---|-----------------------|---|
| Condition hydro-météorologique | Conditions les plus défavorables pour chaque localisation parmi celles modélisées | | Vent réel défavorable | | Vent théorique nord | | Vent réel défavorable | |
| | Dilution minimale | Concentration maximale (concentration dans le collecteur de 500 mg/L) | Dilution minimale | Concentration maximale (concentration dans le collecteur de 500 mg/L) | Dilution minimale | Concentration maximale (concentration dans le collecteur de 500 mg/L) | Dilution minimale | Concentration maximale (concentration dans le collecteur de 500 mg/L) |
| Localisation | | | | | | | | |
| Grand Crohot | 5 128 | 0.09750 | 500 000 000 000 000 | 0.00000 | 44 510 769 447 | 0.00000 | 150 467 318 | 0.00000 |
| Ferret Océan | 2 198 | 0.22750 | 9 900 990 | 0.00005 | 740 807 | 0.00067 | 87 006 | 0.00575 |
| Belisaire | 1 980 | 0.25250 | 175 747 | 0.00285 | 140 957 | 0.00355 | 40 010 | 0.01250 |
| Moulleau | 3 125 | 0.16000 | 7 429 | 0.06730 | 5 147 | 0.09714 | 1 726 | 0.28976 |
| Arguin | 1 515 | 0.33000 | 15 385 | 0.03250 | 18 232 | 0.02742 | 6 310 | 0.07924 |
| Petit Nice | 1 418 | 0.35250 | 1 222 | 0.40920 | 871 | 0.57430 | 408 | 1.22662 |
| Lagune | 952 | 0.52500 | 1 036 | 0.48250 | 1 329 | 0.37617 | 571 | 0.87579 |
| Nord wharf | 33 | 15.31750 | 26 | 19.10880 | 44 | 11.40164 | 36 | 14.00131 |
| Wharf | 23 | 21.65500 | 13 | 39.71000 | 3 | 146.44601 | 4 | 129.39186 |
| Sud wharf | 74 | 6.79000 | 30 | 16.81200 | 49 | 10.22885 | 58 | 8.55018 |
| Biscarosse nord | 219 | 2.28250 | 544 | 0.91988 | 648 | 0.77117 | 360 | 1.39040 |

Tableau N° 1. SYNTHESE DES PARAMETRES DE MODELISATION

La figure suivante synthétise les dilutions **minimales** obtenues lors des différents scénarios hydro-météorologiques réalisés lors des études de modélisation menées depuis 1997.

Rappel : les conditions hydro-météorologiques et de rejet diffèrent selon les études de modélisation

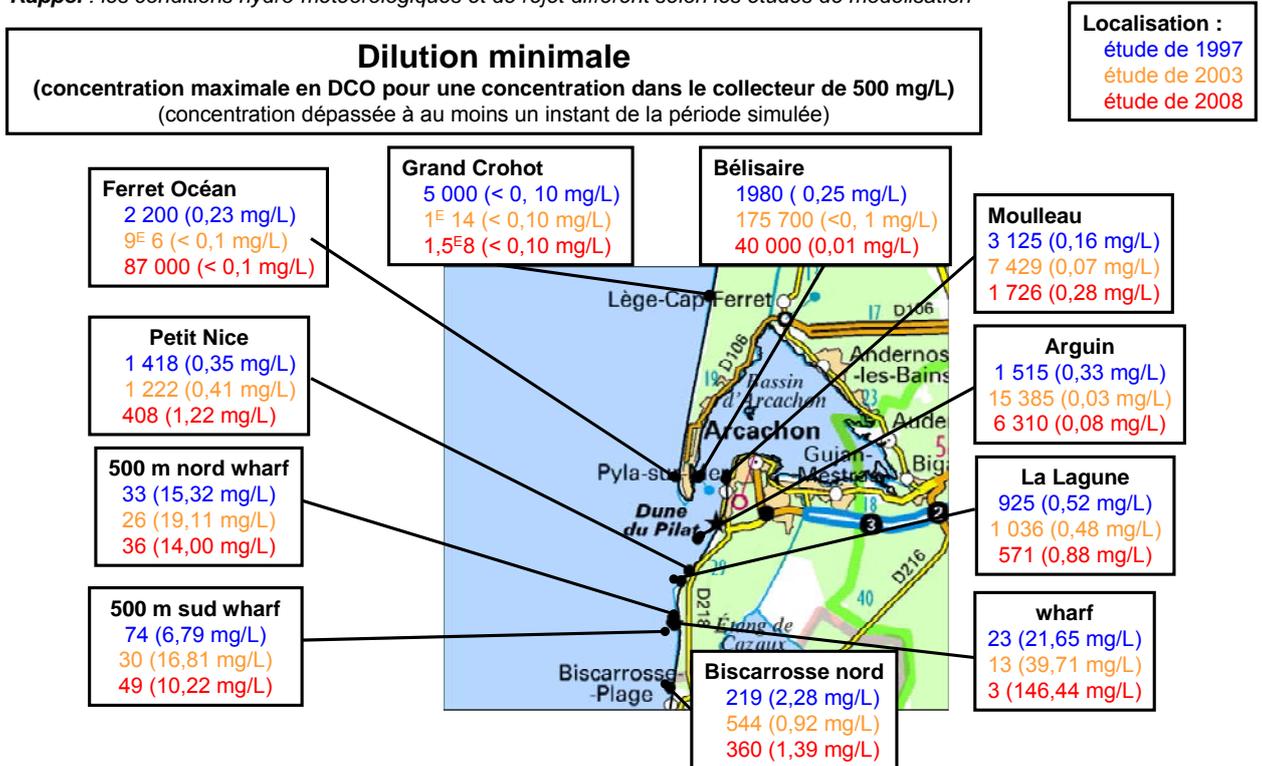


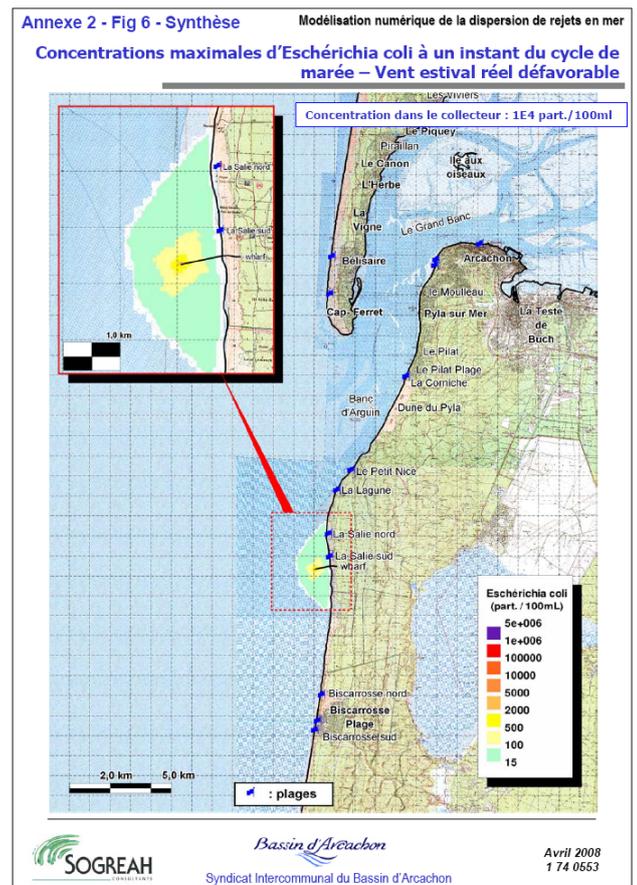
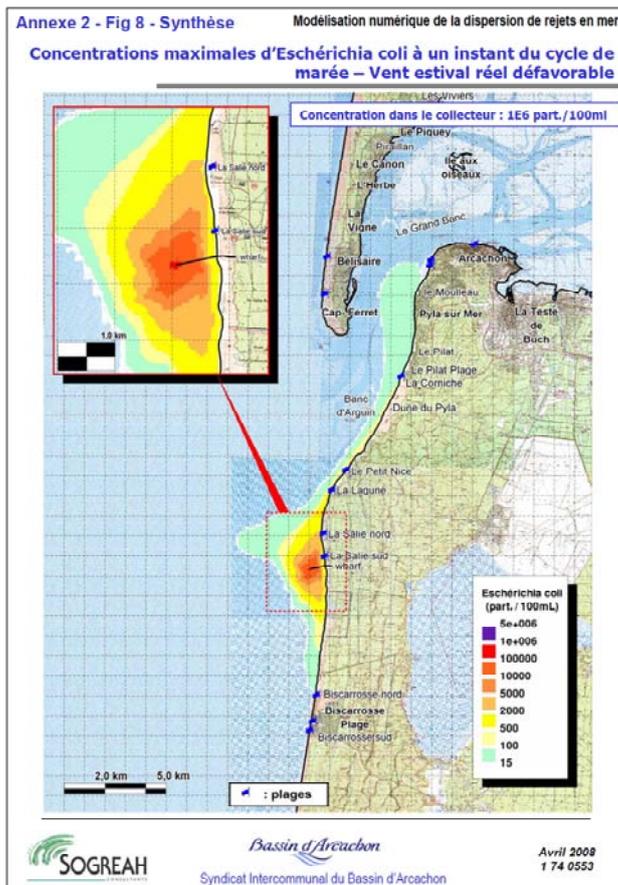
Figure N° 26. DILUTIONS MINIMALES

Du fait des différences entre les méthodologies de modélisation et les conditions hydro-météorologiques retenues, il est très délicat de tirer une conclusion de la comparaison de ces résultats.

13. MISE EN ŒUVRE DES TRAITEMENTS BACTERICIDES

L'étude de 2008 permet de quantifier l'impact sur le milieu naturel de l'évolution des traitements mis en œuvre au niveau des différentes stations du Bassin.

Ceci est illustré par les figures suivantes qui permettent d'apprécier la réduction des secteurs désormais concernés par une concentration maximale donnée par rapport à la situation antérieure à 2002.



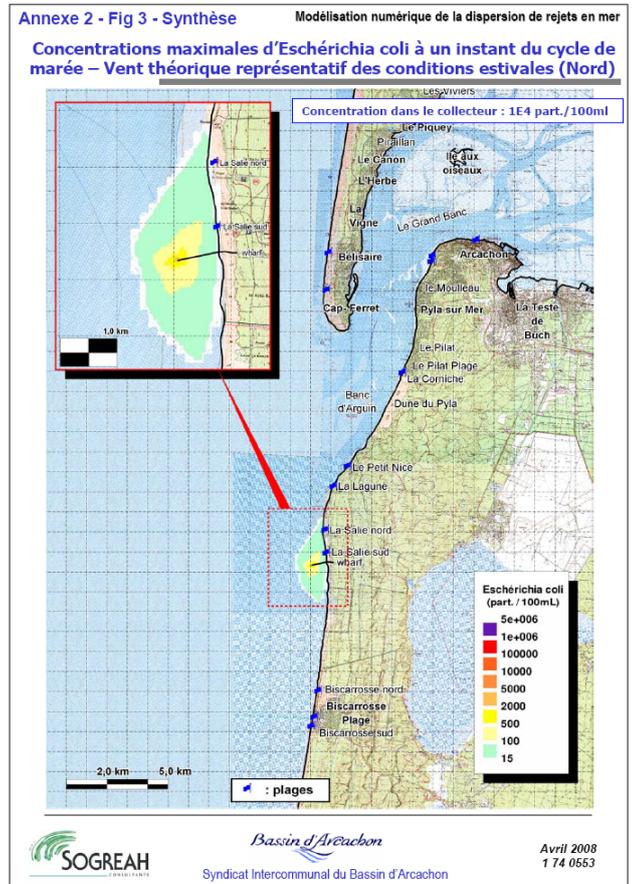
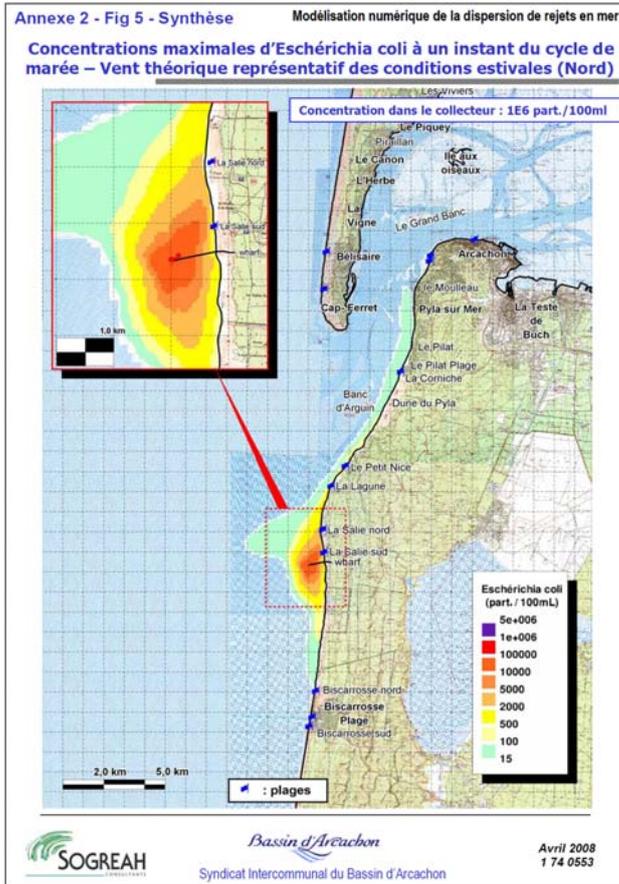


Figure N° 27. IMPACT DES TRAITEMENTS BACTERICIDES

L'impact de l'abaissement des concentrations en polluants bactériologiques dans le collecteur est bien visible sur le milieu naturel, les secteurs concernés par une concentration données étant moins important avec un fort abattement en amont.

oOo