

CCI NARBONNE

SMNLR

**PROJET DE BASSIN
DE PLAISANCE
A PORT-LA-NOUVELLE**

ETUDE HYDRODYNAMIQUE

BCEOM

SOCIETE FRANÇAISE D'INGENIERIE



HFS 10524B

DECEMBRE 2001

TABLE DES MATIERES

1. CADRE ET OBJET DE L'ÉTUDE	1
2. RECUEIL ET ANALYSE DES DONNÉES	2
2.1. Analyse bibliographique	2
2.1.1. rappel sommaire de l'histoire des aménagements	3
2.1.2. Analyse des données climatologiques	3
2.1.3. Analyse des données de niveaux d'eau	4
2.1.4. Analyse des données de courantologie	5
2.1.5. Analyse des données sédimentologiques	6
2.1.6. Analyse des données de qualité de l'eau	8
3. ANALYSE DES PLANS MASSES ET PROPOSITIONS	10
3.1. Niveaux d'agitation acceptables – préconisation	10
3.2. Accès du bassin	12
4. MODÉLISATION HYDRODYNAMIQUE	14
4.1. objectifs et METHODOLOGIE de la modélisation	14
4.2. construction des modèles	14
4.3. SIMULATIONS HYDRODYNAMIQUES	19
4.3.1. choix des simulations testées	19
4.3.2. résultats des simulations « marée sans vent »	20
4.3.3. résultats des simulations « marée avec tramontane »	28
4.4. simulations de qualité de l'eau	34
4.4.1. choix des simulations testées	34
4.4.2. résultats des simulations « renouvellement de l'eau »	34
4.4.3. résultats des simulations « apports sédimentaires »	40
5. CONCLUSIONS	45
5.1. renouvellement des eaux du bassin	45
5.1.1. les sources de pollution	45
5.1.2. résultats de la modélisation	46
5.2. sédimentation dans le bassin	46
5.3. choix du scénario d'aménagement	47

1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE

Dans le cadre du développement de l'activité portuaire, la CCI de Narbonne envisage de créer un bassin de plaisance fluvio-maritime en partie Ouest du port de Port-la-Nouvelle.

Le site proposé est au niveau du chenal de liaison de l'étang avec le port, au débouché du canal de la Robine.

Cette zone qui est soumise à un fort hydrodynamisme (échanges entre l'étang et la mer) voit transiter d'importantes quantités de vases qui viennent s'accumuler dans la partie amont du port (nécessite du dragage annuel d'entretien des darses portuaires et du chenal).

La création de ce bassin va donc poser le problème de l'entretien des fonds, suivant qu'il sera ouvert dans le canal de la Robine, ou dans le chenal de liaison de l'étang avec le port.

Suivant la configuration du bassin, il est aussi possible que le renouvellement des eaux ne soit pas suffisant en période estivale, et que l'on assiste à une eutrophisation des eaux du bassin qui pourrait avoir une incidence sur le milieu naturel fragile de l'étang de Bages-Sigean.

La conception du bassin doit donc prendre en compte la problématique de l'envasement (et de l'entretien des fonds) et de la qualité de l'eau (et de son impact sur le milieu naturel), tout en permettant de répondre aux attentes des usagers (facilité d'accès pour les bateaux, abri du plan d'eau, etc....).

Pour visualiser l'impact du projet sur le milieu naturel, et mettre au point le plan masse, la CCI de Narbonne, Lézignan-Corbières et Port-la-Nouvelle, a donc demandé une étude basée sur la mise en œuvre de modèles mathématiques permettant une simulation hydro-sédimentaire des différents scénarios.

La méthodologie que nous proposons est la suivante:

La première phase consiste au recueil des données nécessaires pour la suite de l'étude et à analyser les scénarios proposés, sur la base d'une expertise. Cette phase permettra d'amender les plans masses pour minimiser l'entretien (envasement), et l'impact sur le milieu naturel (qualité de l'eau). Le niveau d'agitation sera vérifié (zone des petits métiers en particulier).

La seconde phase est basée sur l'exploitation d'un modèle numérique de courantologie. Elle permettra de déterminer les risques de sédimentation du bassin, et le renouvellement des eaux. A l'issue de cette phase, il sera fait des préconisations pour améliorer les plans masses (entretien et qualité de l'eau, protection contre l'agitation). Le risque de sédimentation et d'eutrophisation du bassin sera déterminé pour chacun des trois scénarios.

2. RECUEIL ET ANALYSE DES DONNEES

2.1. ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

De nombreuses études ont été réalisées depuis 1974 sur l'étang de Bages-Sigean et le chenal de Port La Nouvelle :

- ETUDE DES COURANTS MARINS ET DES VENTS, EDF, 1974 ET 1975
- ETUDE DE LA HOULE, EDF, 1974
- ETUDE DE LA TEMPERATURE DE L'EAU, EDF, 1974
- ETUDE DE SEDIMENTATION DANS LE PORT, SMNLR, LCHF, 1975
- ETUDE DES ECHANGES MER-ETANG, EDF, 1975
- ETUDE DE SEDIMENTATION DE L'ETANG DE BAGES-SIGEAN, SMNLR, LCHF, 1978
- THESE SUR LES MODALITES ET ET BILAN DE LA SEDIMENTATION PELITIQUE, D.CATALIOTTI-VALDINA, 1978
- ANALYSE DE 4 ANNEES DE MESURES LIMNIMETRIQUES, SMNLR, SERVICE LITTORAL ET ETANGS, 1997
- ETUDE DE L'IMPACT DE L'ENLEVEMENT DU BARRAGE A VANNES, COMMUNE, BRL, 1997
- ETUDE DE L'IMPACT DU REJET DE LA STEP, COMMUNE, BCEOM, 1999
- ETUDE PREALABLE A LA DEFINITION DES OBJECTIFS DE REDUCTION DES FLUX DE SUBSTANCES POLLUANTES, SMNLR, GAEA, AOUT 2001

Ces études ont été réalisées dans le cadre de projet d'aménagement (centrale électrique,...) ou bien des problèmes de sédimentation et qualité des eaux de l'étang et du chenal, et de dragages du chenal portuaire.

Les étangs et le chenal ont fait l'objet de nombreux aménagements et un historique de ces aménagements permet de cadrer les problématiques liées au site d'étude.

Ensuite l'ensemble des données nécessaire à la suite de l'étude sont décrites et analysées par thème :

- climatologie
- niveaux marins
- courantologie
- sédimentologie
- qualité de l'eau

2.1.1. rappel sommaire de l'histoire des aménagements

Les étangs de Bages-Sigean de superficie 37 km², reçoivent les apports d'un bassin versant de 455 km². La seule communication des étangs avec la mer se fait par le chenal de Port La Nouvelle aménagé en 1704.

Le canal de la Robine a été aménagé en bordure est de l'étang en 1778 pour la navigation.

Au XIX^{ème} siècle, la voie de chemin de fer a été construite et franchit le chenal de communication entre l'étang et la mer par un ouvrage détruit et reconstruit après la 2^{ème} guerre.

Le barrage à vannes a été aménagé en 1950 à l'entrée du chenal portuaire pour éviter son ensablement par les apports solides de l'étang.

Les vannes étaient fermées pendant les périodes de fort vent de nord ouest jusqu'en 1979. Depuis cette date l'ouvrage est ouvert en permanence.

Le chenal portuaire reçoit en amont des martellières le Canalet, et en aval des martellières le canal de la Robine le rejet de la STEP de Port La Nouvelle.

A titre indicatif on donne les sections hydrauliques, au droit des différents aménagements (cf étude de l'impact de l'enlèvement du barrage à vannes):

- pont SNCF : 136 m²
- barrage à vannes : 54 m² (actuel), environ 100 m² avec travaux envisagés
- chenal portuaire : environ 200 m²

La destruction partielle du barrage à vannes est prévue courant 2002 : destruction des 2 piles aux nord et au sud de la pile centrale et destruction du rideau de palplanches nord, ce qui portera la section à environ 100 m² au niveau 0 m NGF.

2.1.2. Analyse des données climatologiques

L'essentiel des données climatologiques concerne le vent, très fréquent sur le site.

Les vents prédominants en fréquence et intensité sont les vents de Nord Ouest (Tramontane et Cers), direction moyenne 300 °.

Ensuite viennent les vents de sud est, moins fréquents et moins intenses, de direction moyenne 120 °.

Sur la période de juin à septembre, la vitesse moyenne (données tri-horaires) maximale mesurée est de 16 m/s pour les vents de Nord Ouest et de 10 m/s pour ceux de sud est (cf étude d'impact du rejet de la STEP).

7 % des vents de nord ouest sont supérieurs à 15 m/s (thèse de D. Cataliotti).

2.1.3. Analyse des données de niveaux d'eau

2.1.3.1. Niveaux en mer

Le niveau marin est mesuré plusieurs fois par jour à l'échelle de Port La Nouvelle située dans le chenal en face des locaux du SMNLR.

Cette mesure est représentative des conditions en mer.

Le marnage de la marée astronomique est faible de 0.2 m à 0.3 m au maximum.

En cas de tempête par vent de sud est (marin) le niveau de la mer augmente.

Dans l'étude du LCHF de 1978, le niveau maximal mentionné est de 0.7 à 0.8 m NGF.

Lors de la tempête du 17/12/1997, le niveau maximal a atteint 1.15 m NGF (cf étude de l'impact du rejet de la STEP).

Le niveau de 1 m NGF a été atteint 3 fois entre 1978 et 1989 (cf référence ci dessus).

De 1992 à 1996, le niveau maximal mesuré est de 0.9 m NGF mais au limnigraphe en amont des vannes (niveau supérieur au niveau marin par vent de sud est). (cf analyse de 4 années de mesures, SMNLR).

Par vent de nord ouest (Tramontane) le niveau marin baisse : le niveau minimal observé est de -0.35 m NGF (d'après l'analyse de 4 années de mesures au limni en amont des vannes, SMNLR).

2.1.3.2. Niveaux dans l'étang

Les niveaux dans l'étang et dans le chenal en amont des vannes sont connus grâce aux limnigraphes installés dans le cadre des études EDF et LCHF entre 1974 et 1978, et à ceux installés par le SMNLR entre 1992 et 1996.

Ces limnigraphes sont positionnés :

- dans l'étang de Bages
- en amont des vannes côté étang.

Les niveaux extrêmes mesurés sur la période 1992-1996 par le SMNLR sont de ; :

- + 0.92 m NGF en amont des vannes et + 0.96 m NGF dans l'étang
- - 0.34 m NGF en amont des vannes et - 0.42 m NGF dans l'étang

En effet, lorsque souffle la tramontane, l'étang se vide, son niveau baisse jusqu'à atteindre un niveau d'équilibre conditionné par le niveau marin. Le niveau à Port La Nouvelle est alors légèrement supérieur au niveau de l'étang à Bages (cf graphiques de la thèse donnés en **annexe 1**).

Pour une tramontane d'intensité supérieure à 10 m/s le niveau de l'étang peut s'abaisser de 0.3 m (thèse de D.Cataliotti).

Lorsque souffle le marin, c'est le phénomène inverse qui se produit et le niveau de l'étang est supérieur à celui de Port La Nouvelle (cf thèse de D.Cataliotti).

De plus des vents de nord ouest d'intensité supérieure à 10 m/s génèrent des clapots dans l'étang calculés à 0.3 m dans la thèse de D.C.

2.1.4. Analyse des données de courantologie

2.1.4.1. Les débits

Les débits d'échanges entre l'étang et la mer qui transitent par le chenal portuaire ont été mesurés dans le cadre des études menées par EDF et le LCHF entre 1974 et 1978 et dans la thèse de D. Cataliotti.

Les mesures ont révélé un débit alternatif généré par la marée par temps calme de l'ordre de +/- 30 m³/s (étude LCHF).

Les mesures réalisées par EDF en 1974 révèlent un débit de sortie de 35 m³/s et d'entrée de 18 m³/s par temps calme.

Des mesures ont été réalisées aussi en 1982 dans le cadre de l'étude de la construction d'une nouvelle STEP. Ces mesures donnaient un débit moyen entrant de 13 m³/s et sortant de 30 m³/s (par temps calme ?).

Lorsque la tramontane souffle, le niveau de l'étang baisse, et il se vide par le chenal augmentant le débit de sortie à près de 100 m³/s (étude LCHF).

Les mesures réalisées par EDF en 1975 par vent de Nord ouest soutenu pendant plusieurs jours donnent un débit sortant atteignant 115 m³/s.

La thèse de D.Cataliotti indique que pour un cas de tramontane d'intensité 9 m/s, le débit sortant est passé de 25 m³/s à 115 m³/s en 5 heures.

A contrario, lorsque le marin souffle, le niveau de l'étang monte et le débit entrant augmente.

EDF en 1975 a mesuré par vent marin soutenu sur une journée un débit entrant de 1 à 23 m³/s.

L'étude d'EDF de 1975 définit de façon intéressante pour 3 journées types : sans vent, vent de nord ouest et vent de sud est, l'évolution heure par heure du niveau en mer, du niveau en amont des martellières et du débit transitant aux martellières.

Ces trois figures sont données en annexe 2.

2.1.4.2. Les vitesses

Les vitesses dans le chenal ont été de même mesurées dans les études référencées ci dessus.

Par temps calme, les vitesses dans le chenal atteignent 0.1 à 0.2 m/s (cf étude LCHF et thèse de D.C.).

Avec un vent de nord ouest de 10 m/s, elles augmentent à 0.5 à 0.7 m/s dans le chenal (même référence que ci dessus). En surface elles peuvent atteindre 0.5 à 0.9 m/s et en fond 0.2 m/s.

Au droit du barrage à vannes, par tramontane soutenue pendant plusieurs jours EDF a mesuré en 1975 des vitesses sortantes atteignant 3.6 m/s (vitesse locale, avec certaines portes fermées).

2.1.5. Analyse des données sédimentologiques

L'essentiel des informations provient de l'étude de sédimentation dans le port (LCHF, 1975) et de la thèse de D.Cataliotti (1978).

La première étude s'attache à la problématique de sédimentation et donc des dragages dans le chenal portuaire.

La thèse s'intéresse au phénomène dans son ensemble, en partant des apports solides du bassin versant et en étudiant ensuite la sédimentologie de l'étang et du chenal.

2.1.5.1. La sédimentation dans le chenal

Le phénomène de sédimentation dans le chenal est provoqué par les apports solides de l'étang qui transitent par le chenal et déposent là où les vitesses sont faibles.

Ce phénomène prend naissance dans l'étang, où, par vent de nord ouest, les sédiments fins sont remis en suspension et transportés vers le chenal.

Les vents de nord ouest, d'intensité 10 m/s (thèse de D.C.) génèrent des clapots qui remettent en suspension les sédiments, qui sont ensuite transportés par les courants.

Les apports marins dans le chenal sont mineurs par rapport aux apports de l'étang.

Les possibilités de franchissement des matériaux du chenal dans l'étang sont faibles.

Dans le chenal, les sédiments sont constitués de 2/3 de vase et 1/3 de sable (côté avant port).

Les sables (diamètre supérieur à 40 μm) se retrouvent en aval de la darse pétrolière.

2.1.5.2. Caractéristiques des matériaux

Les caractéristiques des matériaux sont données dans les études du LCHF (1975 et 1978).

Les sables (diamètre entre 0.04 mm et 0.2 mm) ont une vitesse de chute comprise entre 1 mm/s et 20 mm/s.

Pour les sédiments plus fins (vases de diamètre inférieur à 40 μm , le phénomène de floculation entraîne une augmentation de la vitesse de chute avec la concentration : jusqu'à une concentration de 5 à 20 g/l, la vitesse de chute atteint 0.2 à 0.5 mm/s.

Concernant la rhéologie des vases, on définit deux paramètres pour identifier les caractéristiques des vases : la rigidité initiale et la viscosité.

Les vases du site sont des vases à cohésion moyenne.

La rigidité initiale des vases (force pour vaincre leur cohésion) est fonction de la concentration en sédiment. Elle est estimée à 0.45 N/m² pour les vases consolidées de concentration 200 à 300 g/l.

L'évolution des vases est définie par la phase de consolidation pendant laquelle la floculation entraîne la chute puis le tassement des sédiments.

Les sédiments sont ensuite remis en suspension en fonction des courants.

Les mesures réalisées dans l'étude du LCHF, révèle un tassement rapide avec des concentrations de vases consolidées de 200 g/l.

La vitesse de l'écoulement doit être supérieure à 0.5 m/s pour pouvoir éroder les vases et remettre en suspension les sédiments.

2.1.5.3. Les dragages dans le chenal

Les sédiments dragués sont des sédiments fins (5 à 40 µm, vases) et ils ont une forte teneur en Matière Organique (algues) (étude LCHF 1975).

D'après la thèse en 1978, les sédiments ont une faible matière organique à l'entrée du chenal, qui augmente dans la darse de commerce.

La matière organique est plus faible dans l'étang que dans le chenal (le chenal est une zone de sédimentation).

Les apports de matériau proviennent de l'étang.

Les dragages sont estimés à :

- 186 000 m³/an de 1969 à 1976
- 200 000 m³/an en 1975
- 150 000 m³/an en 1978
- 250 000 m³/an (moyenne de 1985 à 1996) dans l'étude de 1997 (enlèvement du barrage) repris dans l'étude de 1999 (rejet de la STEP)

2.1.5.4. La turbidité

La turbidité augmente avec les vents de nord ouest qui génèrent les clapots. Elle peut atteindre 100 mg/l avec une tramontane de 10 m/s (LCHF, 1978).

Pour des vitesses de vent inférieures à 5 m/s la turbidité de l'étang est très faible.

Les concentrations de MES atteignent 5 à 20 mg/l dans l'étang par faible vent.

Elles atteignent 300 mg/l pour des vents supérieurs à 10 m/s. (thèse de D.C. repris dans l'étude BRL 1997).

Dans le chenal, la turbidité varie entre 10 et 30 mg/l à l'entrée du chenal et diminue en aval du chenal vers la mer.

Le tableau suivant donne pour différentes conditions de vent la turbidité mesurée à l'entrée et en sortie du chenal.

Tableau : turbidité (mg/l) dans le chenal en fonction du vent (cf thèse de D.C.)

Vent (m/s)	Entrée du chenal	Sortie du chenal
1-2	7	3
2-3	15	6
9	50	20
10-12	300	40

Si les MES sont apportées essentiellement par l'étang, la turbidité du canal de la Robine peut atteindre 5 à 25 mg/l en cas de crue de l'Aude.

En résumé, c'est l'étang qui alimente le chenal en matériaux, avec une remise en suspension par les clapots générés par le vent de nord ouest.

Par faible vent la turbidité ne dépasse pas 5 à 20 mg/l.

Par vent supérieur à 10 m/s pendant 36 h, elle atteint 400 à 500 mg/l en amont des martellières et 100 à 200 mg/l en aval.

2.1.6. Analyse des données de qualité de l'eau

L'essentiel des données est issu de l'étude de l'impact du rejet de la STEP (BCEOM, 1999) et de l'étude préalable à la définition des objectifs de réduction des flux de substances polluantes (SMNLR, GAEA, 2001).

Les principales sources de pollution dans le chenal sont constituées par :

- rejet de la STEP, en aval des martellières
- le canal de la robine en aval des martellières
- le canalet en amont des martellières
- les apports diffus du pluvial

Le rejet de la STEP situé dans le chenal à 700 m de l'étang, a pour caractéristiques :

- débit de pointe : 188 m³/h (temps sec) à 223 m³/h (temps de pluie) (230 m³/h en situation future)
- concentration en MES en sortie : 35 à 60 mg/l
- concentration en DBO5 en sortie : 117 mg/l
- concentration en Nik en sortie : 64 mg/l
- concentration en Pt en sortie : 11 mg/l

Les apports du canal de la Robine sont caractérisés dans l'étude BRL de 1997 par :

- débit moyen 0.53 m³/s (ou 2 m³/s ?)
- concentration en N : 2.3 mg/l
- concentration en P : 0.12 mg/l

Le canal de la Robine fait l'objet d'un suivi par le réseau de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse au droit de l'écluse de Mandirac.

Les informations issues de ce point de mesure entre 1978 et 1998 sont données en annexe 3 et résumées pour les principaux paramètres représentatifs :

- débit : 2.41 m³/s (moyenne sur 16 valeurs)
- concentration en MES : 21 mg/l (indice de qualité : « bonne »)
- concentration en DBO5 : 6 mg/l (indice de qualité pour les matières organiques et oxydables : « très mauvaise »)
- concentration en Nk : 4 mg/l (indice de qualité pour les matières azotées : « très mauvaise »)
- concentration en Pt : 0.84 mg/l (indice de qualité pour les matières phosphorées : « mauvaise » à « très mauvaise »)

D'après les renseignements obtenus auprès de VNF Narbonne et donnés en annexe 3, le débit mesuré est sur-estimé. Ce débit atteint en temps normal 200 à 300 l/s et 700 l/s au maximum.

D'autre part la qualité des eaux du canal de la Robine devrait s'améliorer avec la nouvelle STEP de Narbonne en 2002.

VNF signale de plus la fréquence (tous les 2 à 3 ans) des dragages du canal entre l'extrémité et le pont SNCF, dus aux apports solides de l'étang.

L'étude de GAEA révèle une eutrophisation de l'étang de Bages dans sa partie nord. Au sud, ce problème est moins sensible « bonne qualité trophique » de Bages sud avec quelques apparitions cependant « d'ulves indiquant des perturbations entrant par le sud de l'étang ... à l'occasion de forts courants rentrants (eaux de la Robine et effluents de Port la Nouvelle) ». Il faut noter cependant que l'amélioration des STEP de Narbonne et Port La Nouvelle diminuera les risques. D'autre part les « forts courants rentrants » sont un phénomène assez rare d'après les études hydrodynamiques antérieures.

3. ANALYSE DES PLANS MASSES ET PROPOSITIONS

3.1. NIVEAUX D'AGITATION ACCEPTABLES - PRECONISATION

A. Les valeurs guides

L'AIPCN et le CETMEF¹ définissent les niveaux d'agitation acceptables que se soit dans des ports de plaisance ou pour des ports de commerce.

Pour de petites embarcations à moteur, assimilables à celles que recevra l'équipement (plaisance à moteur, bateaux des petits métiers de mer) on peut retenir des préconisations de ces deux organismes:

du point de vue du confort : une hauteur comprise entre 20 et 30 cm et une pénétration des agitations limitées surtout pour les périodes susceptibles de provoquer la résonance des embarcations. Pour les embarcations à moteur il faut éviter les périodes entre 2 et 2,5 s,

du point de vue de la sécurité : une hauteur comprise entre 30 et 45 cm est acceptable.

B. Phénomènes en jeux

Les agitations ont pour origines :

les vents qui lèvent localement des clapots,

les houles lointaines du large qui se propagent dans le domaine portuaire (houle résiduelle),

les réflexions multiples sur les bordures des bassins (quais, talus,...),
le batillage dû au passage des bateaux.

Sur le site, les agitations sont dues uniquement au vent et au passage des embarcations.

C. Calculs des clapots générés par le vent

Ils dépendent de la distance sur laquelle le vent peut générer des agitations (fetch) et de la force du vent.

Pour des fetchs très courts, un vent de faible durée peut lever une agitation entièrement développée (sous un orage par exemple).

Les calculs suivants ont été réalisés à l'aide du module « Wind Adjustment and Waves Growth » du logiciel ACES (Automated Coastal Engineering System).

▪ Plan d'eau :

¹ AIPCN : Association Internationale Permanente des Congrès de Navigation

CETMEF : Ex service central de Compiègnes : Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales

le plan d'eau du port étant de dimension très réduite (dimension moyenne inférieure à 100 m) et bordé de talus (coefficient moyen de réflexion de 50 %), l'agitation ne pourra pas dépasser 15 à 20 cm ($T < 1s$) par très fort vent (vent > 100 km/h). Cette valeur est par excès car calculée comme si le plan d'eau était vide de tout aménagement (pontons flottants) et embarcations.

- **Appontement des pêcheurs – chenal entre le port et l'étang**

les agitations en provenance du Sud – Ouest (barrages à vannes) et du Sud (du pont SNCF au Canalet) seront limitées à des valeurs de l'ordre de 15 à 20 cm pour des périodes inférieures à 1s.

les agitations en provenance de l'étang de Bages – Sigean. Le secteur de provenance est assez étroit puisque ces agitations doivent passer sous le pont SNCF qui les atténuera (piles de l'actuel pont plus anciennes piles). La section de passage des ces agitations est de l'ordre de 50 m. Les appontements situés en rive gauche seront donc partiellement à l'abri des agitations en provenance de l'étang.

Le vent dominant de terre est le Nord - Ouest². Le fetch moyen dans le Nord – Ouest est d'environ 2 km (profondeur moyenne 1,5m).

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques des clapots en provenance de l'étang (au Nord du pont SNCF).

Clapots générés sur 2 km de fetch (1,5 m de profondeur moyenne)

Force du vent	Force 5	Force 7	Force 9	Force 11
Vitesse (m/s)	9	15	23	30
HS (m)	0,15	0,3	0,45	0,6
Tp (s)	1,4	1,7	2,1	2,3

On peut penser que la zone de stationnement des petits métiers de la pêche sera moitié moins agitée de part la protection du pont et sa situation légèrement en retrait du chenal.

Ces calculs montrent que dès force 7 l'on est dans la tranche de période du clapot où il y a des risques de mise en résonance avec les périodes de roulis, de tangage et de pilonnement des embarcations (les bateaux sont amarrés en travers des agitations et des courants sur les plans masses initiaux).

Par ailleurs, un vent de terre coïncide avec un courant sortant, ce qui a pour effet de rallonger artificiellement la période des vagues. Ainsi un courant de vitesse 1m/s dans le sens de propagation des vagues rallonge leur période de 30 %.

Comme des vents de terre de force 7 et plus sont assez fréquents sur la zone, il convient donc de prendre des précautions pour l'amarrage et le stationnement des petits métiers de la mer.

- **Batillage dû aux passages des bateaux**

Le logiciel Shipwaves (développé par BCEOM, d'après les études de WEGGEL et SORRENSEN) donne des vagues de l'ordre de 0,1 à 0,2 m de haut pour un bateau³ qui se déplace dans l'axe du chenal à une vitesse de 3 à 5 nœuds.

² Voir rose des vents

Ces valeurs peuvent atteindre 0,5 m pour un bateau à "déplacement" qui dépasse 7 nœuds, et être plus faibles (< 0,3 m) pour un bateau à fond plat qui a déjaugé (vitesse > 10 nœuds).

Pour une péniche se déplaçant dans le canal de la robine, le battillage devrait rester inférieur à 20 cm si sa vitesse reste inférieure à 3 nœuds.

- **Conclusions et préconisations**

L'agitation ne dépasse jamais le seuil de confort dans le bassin.

Le talus coté chenal doit être le plus doux possible pour limiter les réflexions

Les appontements côté chenal doivent être pourvus de défenses et avoir une longueur suffisante pour tenir le bateau (longueur de l'appontement utile = longueur du bateau)

Il est préférable d'amarrer les bateaux dans l'axe du chenal (appontements en forme de « T ») vis à vis des agitations, mais aussi du courant et du vent.

Il faut limiter la vitesse des bateaux dans le chenal à 3 nœuds (battillage).

Ces modifications souhaitables n'ont pas d'incidence sur la courantométrie locale ni sur la qualité de l'eau.

3.2. ACCES DU BASSIN

Trois scénarii sont envisagés :

1. Accès par le canal de la Robine
 2. Accès par le chenal, à l'amont du barrage à vannes
 3. Double accès par le canal de la Robine et par le chenal
- **En terme de navigation:**
 - l'accès par la robine semble préférable, à condition de rapprocher l'entrée du coté du pont routier. Cette configuration permet un accès rapide (distance courte), avec une passe à l'abri du courant principal (échanges Mer – Etang). Elle oblige à déplacer l'accès terrestre des VL vers le Nord (secours, accès VL).
 - Un accès par le chenal Etang – Port pose le problème du courant, et de l'agitation plus importants dans cette zone
 - **En terme de qualité d'eau et d'entretien des fonds**
 - Un accès par le chenal Etang – Port serait pénalisant en terme d'entretien: l'eau en provenance de l'étang est très chargée par vent de terre (à valider avec calculs sur modèle numérique).
 - Un double accès permettrait d'augmenter les échanges d'eau à travers le bassin, mais serait pénalisant en terme d'accès terrestre, de sédimentologie-entretien, et de courants traversiers (à valider avec calculs sur modèle numérique).

³ 6 m de long, tirant d'eau de 0,5m

- **Un accès par la Robine** serait pénalisant quand la Robine transporte des polluants (crue de l'Aude?), et en période estivale (pas de vent) quand il n'y a que peu de possibilité d'échange d'eau entre le bassin et la Robine. Il est possible que, rapprocher l'entrée du bassin du débouché de la Robine dans le canal entre la mer et les étangs apporte un petit gain en qualité de l'eau dans le bassin.

4. MODELISATION HYDRODYNAMIQUE

4.1. OBJECTIFS ET METHODOLOGIE DE LA MODELISATION

L'étude hydrodynamique et la qualité des eaux du projet nécessite une modélisation mathématique bidimensionnelle de l'ensemble du système hydraulique, du fait de la complexité des échanges hydrauliques entre le bassin, le canal de la Robine, l'étang de Bages-Sigean et la mer.

La modélisation proposée est réalisée avec le logiciel TELEMAC dont une notice explicative est donnée en **annexe 4**.

Le logiciel comporte un module hydrodynamique et un module qualité de l'eau.

Le module hydrodynamique permet de représenter les champs de courant sous l'influence de la marée ou des apports de débit dans le système.

Le module qualité de l'eau permet de modéliser la diffusion d'un traceur quelconque (polluant ou matières en suspension) sous l'action des courants dans l'ensemble du système hydraulique.

Elle permet donc à la fois d'estimer le taux de renouvellement du bassin et d'autre part les apports sédimentaires en suspension.

Les trois scénarios d'aménagement retenus à l'issue de la phase 1 sont testés par modélisation.

Les simulations hydrodynamiques sont effectuées pour plusieurs conditions météorologiques critiques du point de vue transport de pollution ou des Matières En Suspension.

4.2. CONSTRUCTION DES MODELES

Le modèle est construit sur l'ensemble du système hydraulique pour les 3 configurations d'état projet, comprenant :

- le bassin projeté
- le canal de la Robine
- le chenal reliant l'étang à la mer jusqu'au pont SNCF en amont et la mer en aval

Les données concernant les 3 configurations de projet sont issues des plans masse fournis par le SMNLR. Les projets diffèrent selon la position de la passe d'entrée du bassin. Les scénarios à modéliser ont été définis lors de la première phase de l'étude :

- SCENARIO 1 : PASSE D'ENTREE COTE NORD DU CANAL DE LA ROBINE,
- SCENARIO 2 : PASSE D'ENTREE COTE SUD DU CANAL DE LA ROBINE,
- SCENARIO 3 : PASSE D'ENTREE COTE NORD DU CANAL DE LA ROBINE, ET LIAISON HYDRAULIQUE ENTRE LE CHENAL DE L'ETANG ET LE BASSIN

La profondeur du bassin dans ces 3 scénarios est de - 2.0 m NGF. Un quatrième scénario supplémentaire a été testé pour étudier l'influence de la profondeur à -1.5 mNGF.

- SCENARIO 4 : PASSE D'ENTREE COTE NORD DU CANAL DE LA ROBINE (IDEM SCENARIO 1), PROFONDEUR DU BASSIN A 1.5 M

Les données bathymétriques ont été transmises par le service hydrographique du SMNLR. Elles comprennent :

- le levé du bassin fluvio maritime avant travaux du 4/09/01
- les levés du chenal maritime entre la darse de pêche et la mer

Le projet comprend donc un bassin de superficie environ 1 ha, dont le fond est pris initialement à la cote -2 m NGF (dans les scénarios 1 à 3, -1.5 m NGF dans le scénario 4).

Le canal de la Robine est modélisé jusqu'au pont SNCF sur une longueur d'environ 250 m, sa largeur est de 25 m, et sa profondeur est d'environ -2.5 m NGF.

Le chenal reliant l'étang à la mer a pour longueur totale 2.8 km entre le pont SNCF et la mer. La largeur du chenal est d'environ 50 à 100 m. Sa profondeur varie entre -4.0 CM et - 9 CM.

Remarque :

Il faut rappeler que les données bathymétriques entrées dans le modèle sont en m NGF. La conversion entre cote marine (CM) et m NGF est la suivante :

cote (m NGF) = cote (en CM) - 0.39 m

Le plan du **barrage à vanne** actuel ainsi que les travaux envisagés ont été fournis par le SMNLR.

C'est la configuration du barrage après travaux qui est prise en compte dans le modèle.

Cette configuration conserve les éléments suivants du barrage :

- le rideau de palplanches sud
- 3 piles (sur les 7 en état actuel) : pile centrale et les deux piles extrêmes
- radier à - 3 m NGF.

La section de l'ouvrage après travaux est d'environ 100 m2 à la cote 0 m NGF.

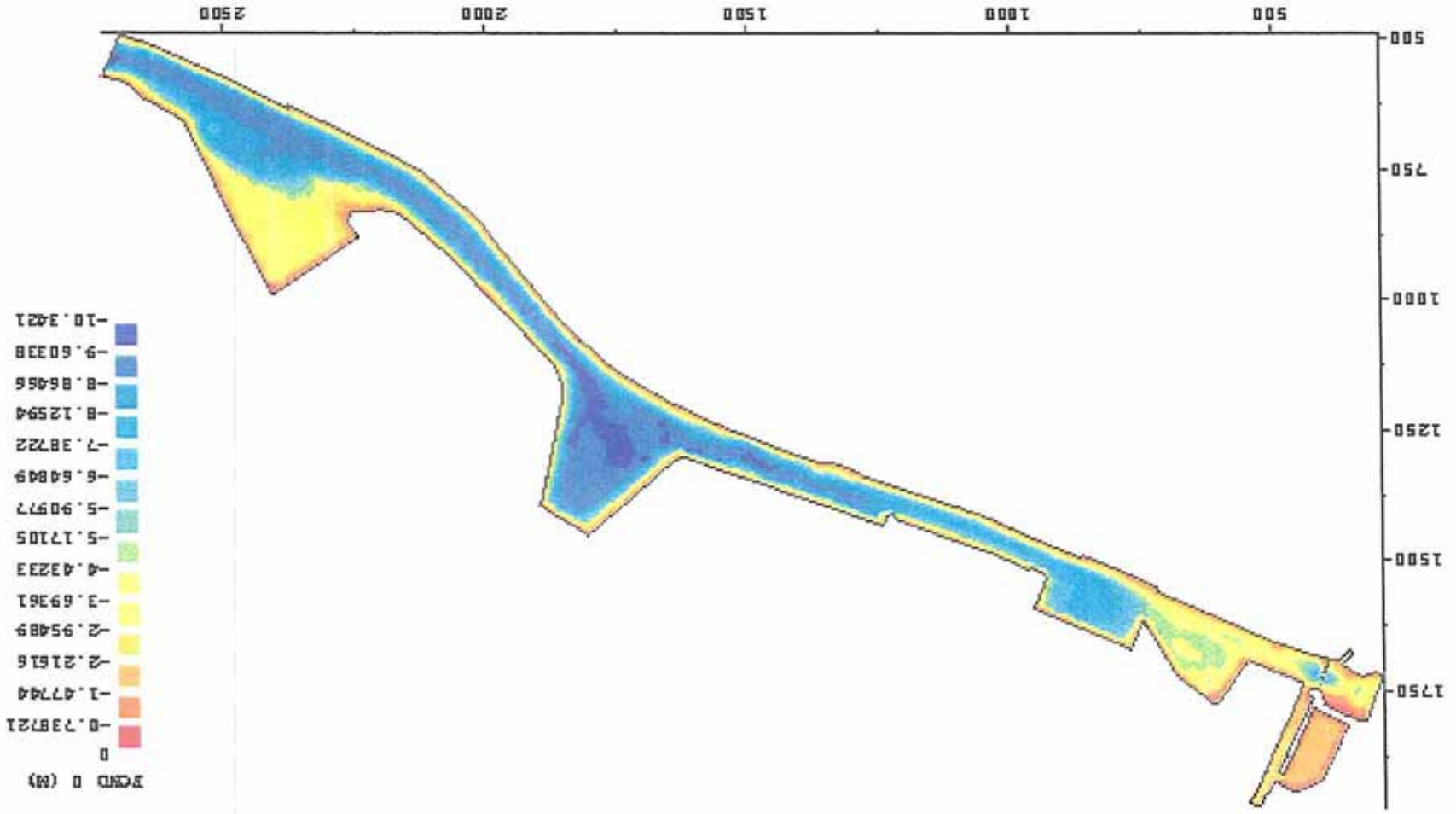
Dans le **scénario 3**, la buse de **communication** entre le chenal de liaison et le bassin modélisée a pour diamètre 800 mm. Ce diamètre a été choisi de sorte que le débit transitant dans la buse soit d'environ 150 l/s pour une perte de charge de 1 cm. La buse est modélisée comme une loi de perte de charge de type Bernouilli entre les points du maillage indiqués sur la figure 2.

Un plan donnant la bathymétrie de la zone modélisée est représenté sur la **figure 1** ci après.

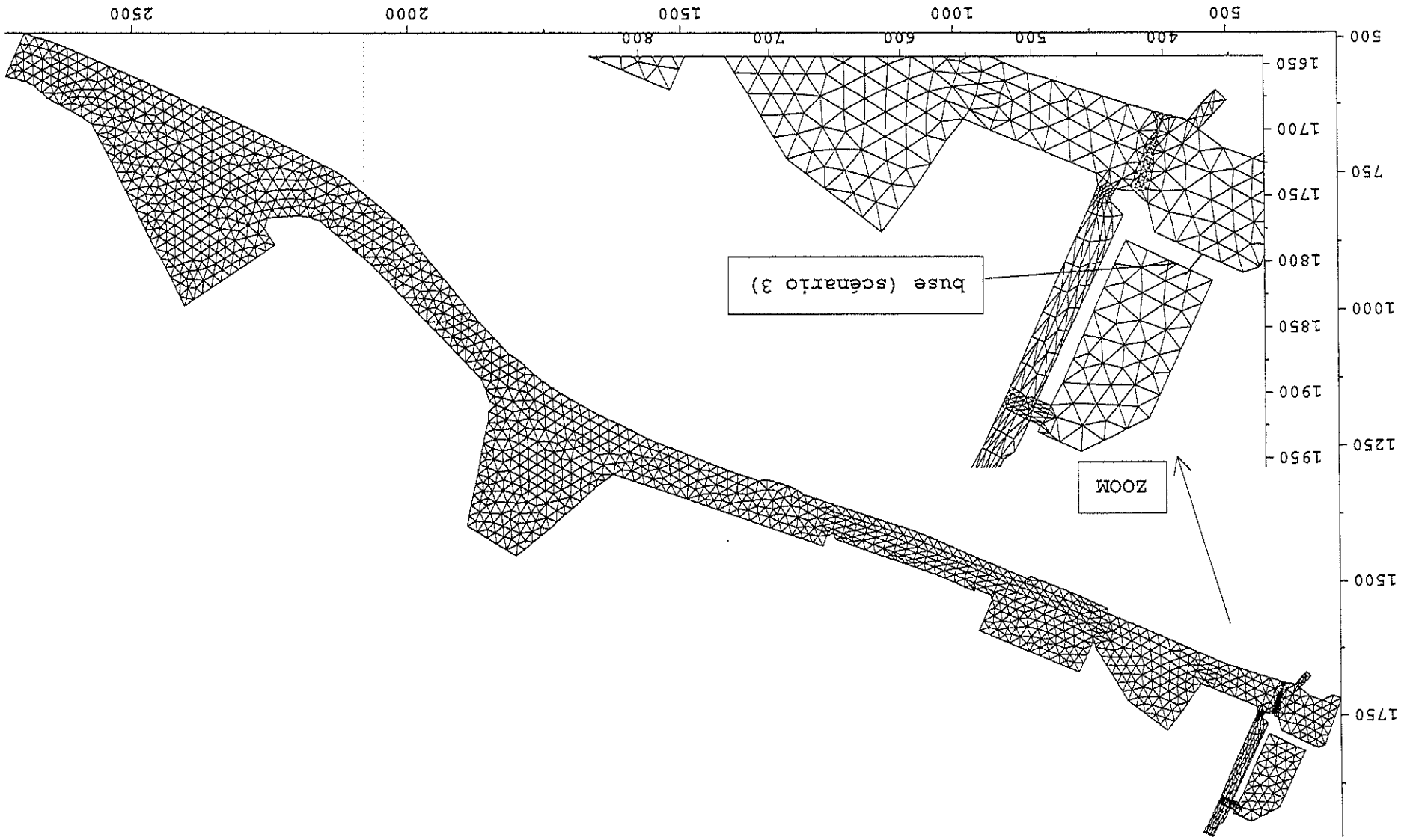
La zone modélisée est représentée par un maillage triangulaire comprenant environ 3000 mailles, de taille comprise entre 0.5 m et 20 m. Le maillage est raffiné au droit des rétrécissements hydrauliques pour la bonne représentation des écoulements.

Une figure du maillage pour les trois scénarios d'aménagement est donnée sur la **figures 2 et 3** ci après.

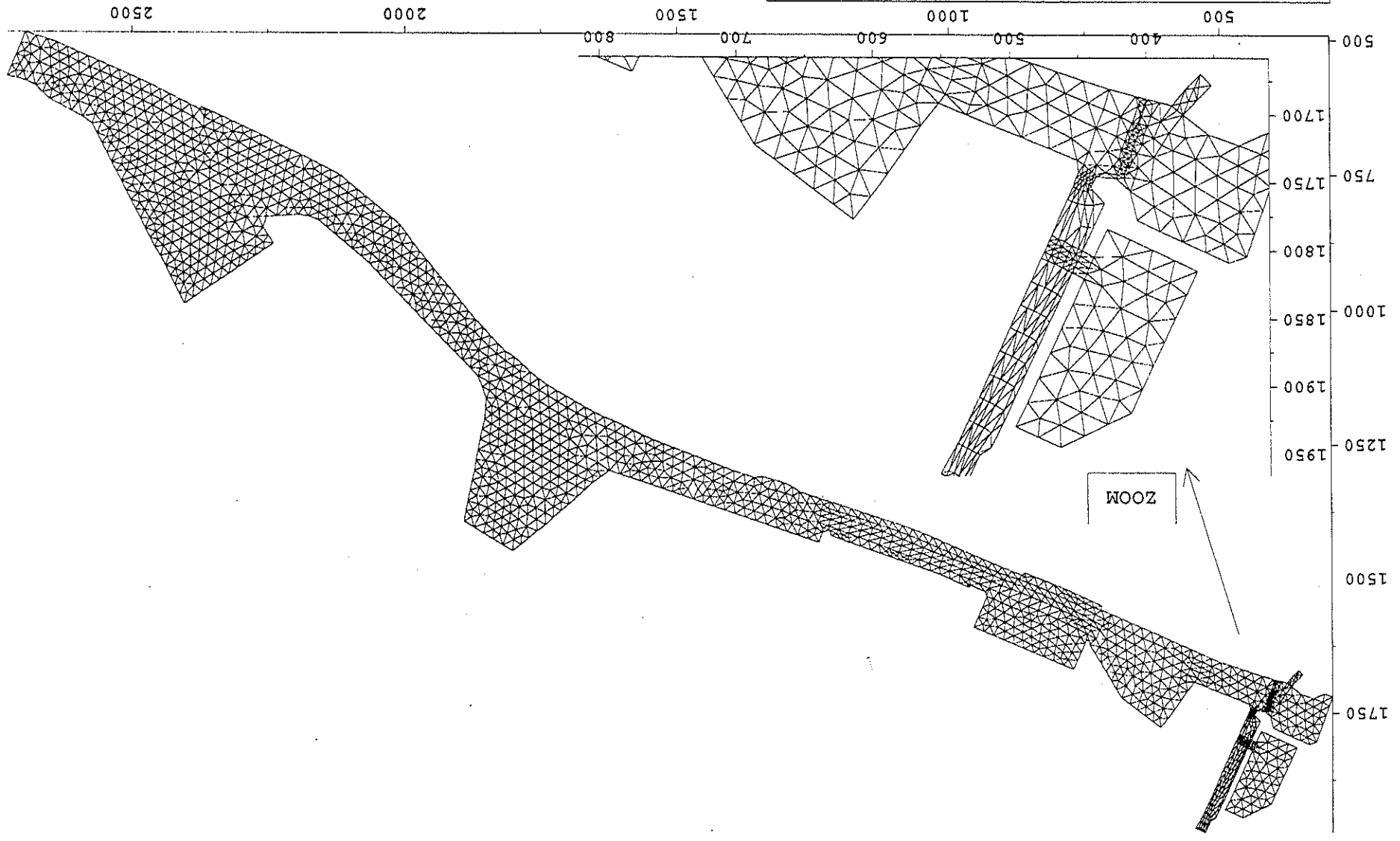
PORT LA NOUVELLE - bassin fluviomarin
scénario 1 - bathymétrie (m NGF)
figure 1



PORT LA NOUVELLE - bassin fluvio-maritime
scenarios 1 et 3 - maillage
figure 2



PORT LA NOUVELLE - bassin fluvio-maritime
scénario 2 - maillage
figure 3



4.3. SIMULATIONS HYDRODYNAMIQUES

4.3.1. choix des simulations testées

L'objectif de la modélisation hydrodynamique est de définir les champs de courants dans les différents scénarios pour, d'une part étudier les conditions de circulation des eaux dans le système hydraulique, et, d'autre part, pour utiliser les résultats hydrodynamiques ensuite dans le calcul de la propagation de la pollution.

Les simulations hydrodynamiques sont donc réalisées pour plusieurs types de conditions hydro-météorologiques :

- marée sans vent,
- marée avec vent tramontane
- marée avec vent marin

Ces conditions sont issues de l'analyse réalisée dans la première phase de l'étude, car elles sont les plus représentatives du site d'étude.

Pour chaque condition météorologique testée, la durée de simulation est de 24 heures prenant en compte les évolutions horaires des niveaux dus à la marée ou au vent.

Le pas de temps horaire est nécessaire pour étudier les problèmes de renouvellement des eaux qui sont à l'échelle de la marée, et ceux liés aux gradients maxima dus aux vents qui se produisent en quelques heures.

La situation « marée sans vent » est simulée car c'est une condition critique du point de vue du renouvellement des eaux.

La situation « marée avec tramontane » est, elle, pénalisante du point de vue apports en suspension.

Sur la frontière maritime est imposée la variation du niveau marin en fonction du temps.

Sur la frontière avec l'étang est imposée la variation de débit en fonction du temps représentant les échanges entre l'étang et la mer.

Il faut noter que les échanges entre l'étang et la mer sont issus des observations de niveaux et de débits avec le barrage actuel.

Ils sont a priori sous estimés par rapport à la situation future avec le barrage modifié.

Cependant nous ne disposons pas d'autre élément d'estimation. L'étude menée par BRL pour calculer l'impact du projet donne des résultats avec le barrage modifié au pas de temps mensuel, non utilisables pour les besoins de la présente étude (cf remarque précédente sur le pas de temps horaire). BRL conclue son étude sur une augmentation de 20 % du volume sortant annuel dans le cas de l'enlèvement total du barrage. Pour un enlèvement partiel l'augmentation sera donc inférieure à 20 %.

La sous estimation des échanges dans le cadre de cette étude n'est pas pénalisante. En effet elle conduit à estimation pessimiste du taux de renouvellement du bassin, qui va donc dans le sens de la sécurité.

D'autre part pour le scénario avec tramontane nous avons imposé les conditions aux limites mesurées dans conditions extrêmes de vent qui conduisaient à des débits de plus de 100 m³/s. Ce choix a été réalisé par soucis de sécurité, sachant que l'analyse des limnigraphes de 1996 par des conditions de tramontane conduit à des débits d'échange légèrement inférieurs (perte de charge d'environ 30 cm entre l'amont des portes et l'échelle dans le chenal).

Le débit du canal de la Robine est pris égal à 200 l/s. Cette valeur faible est choisie car elle est pénalisante du point de vue des objectifs de l'étude (remontée des MES provenant de l'étang et renouvellement des eaux).

4.3.2. résultats des simulations « marée sans vent »

Ces scénarios sont représentatifs de conditions estivales, critiques du point de vue renouvellement des eaux du bassin.

Pour ce scénario le débit échangé avec l'étang est d'environ 30 m³/s pour le débit maximal sortant (vers la mer) et de 20 m³/s pour le débit maximal entrant (vers l'étang) pour la marée de faible marnage.

Le débit du canal de la Robine est de 200 l/s.

Les résultats des simulations hydrodynamiques se présentent sous la forme de cartes des courants à des temps choisis : un instant de marée montante et un autre de marée descendante.

Les diagrammes de niveaux d'eau et d'intensité de vitesses dans le temps sont aussi disponibles aux points choisis : amont et aval du barrage, canal de la Robine devant l'entrée de la passe du bassin

D'autre part le modèle calcule les débits échangés à la passe d'entrée du bassin dans les différents scénarios.

Les figures 4 et 5 donnent à deux instants de marée descendante et de marée montante, les champs de courants aux abords du projet pour le scénario 1.

La figure 6 donne l'intensité maximale sur la durée de la marée des vitesses dans la zone du projet pour le scénario 1.

Les figures 7a, 7b et 7c donnent la comparaison des intensités maximales de vitesses dans le bassin pour les scénarios 1, 2 et 3.

Les vitesses maximales sont de l'ordre de 0.35 m/s observés entre les passes du barrage et dans le chenal en aval.

Les vitesses en amont et aval du barrage sont de l'ordre de 0.2 m/s.

Dans le canal de la Robine les vitesses sont très faibles de l'ordre du cm/s.

A l'intérieur du bassin les vitesses sont excessivement faibles de l'ordre de quelques mm/s pour tous les scénarios.

Le tableau suivant donne les vitesses maximales en différents points du projet et les volumes d'échange (cumul des débits entrant et sortant sur 24 h de marée) au droit de la passe d'entrée du bassin pour les 4 scénarios.

tableau : vitesses et volume d'échange pour la simulation marée sans vent (24 h de marée)

scénario	vitesse du centre du bassin (m/s)	vitesse dans le bassin côté sud (m/s)	vitesse le face du canal de passage d'entrée (m/s)	volume échangé à la passerelle du bassin (cumul sur 24 h) (m ³) *
1 passe nord canal Robine	2.5 10-3	5 10-4	8 10-3	- 4720 / + 4674
2 passe sud canal Robine	3.2 10-3		1.6 10-2	- 4939 / + 5588
3 idem 1 avec buse côté chenal étang	1.5 10-3	9.4 10-4	8 10-3	- 5122 / + 4291
4 idem 1 avec bassin à -1.5 m	2.9 10-3		8 10-3	- 4581 / + 4556

* le débit entrant dans le bassin est noté + , le débit sortant du bassin est noté -

Pour tous les scénarios les vitesses aux abords du projet sont très faibles.

Les vitesses sont les plus faibles pour le scénario 1 (passe d'entrée côté nord du canal de la Robine).

Avec la passe d'entrée côté sud (scénario 2) les vitesses sont 2 fois plus fortes à l'entrée de la passe, mais 1.4 fois plus fortes dans le bassin.

La buse supplémentaire côté chenal de liaison avec l'étang (scénario 3) augmente sensiblement les vitesses dans le sud du bassin (+ 90%).

En ce qui concerne le taux de renouvellement, le volume du bassin est d'environ 15000 m³ (profondeur 1.5 m) ou 20000 m³ (profondeur 2 m) selon les scénarios.

Le volume échangé par jour étant de l'ordre de 5000 m³/jour, le taux de renouvellement théorique est d'environ 3 jours pour le bassin avec une profondeur de 1.5 m, et d'environ 4 jours pour une profondeur de 2 m.

Il faut remarquer que ce taux de renouvellement ainsi défini est un taux de renouvellement moyen. En effet dans les zones à faible courant, les eaux sont animées d'un faible mouvement alternatif sans jamais être véritablement renouvelées.

Il n'y a renouvellement réel que si les eaux sorties du bassin sont remplacées par des eaux différentes.

Pour assurer un renouvellement homogène dans tout le bassin il faut en plus chercher à mélanger les eaux à l'intérieur du bassin.

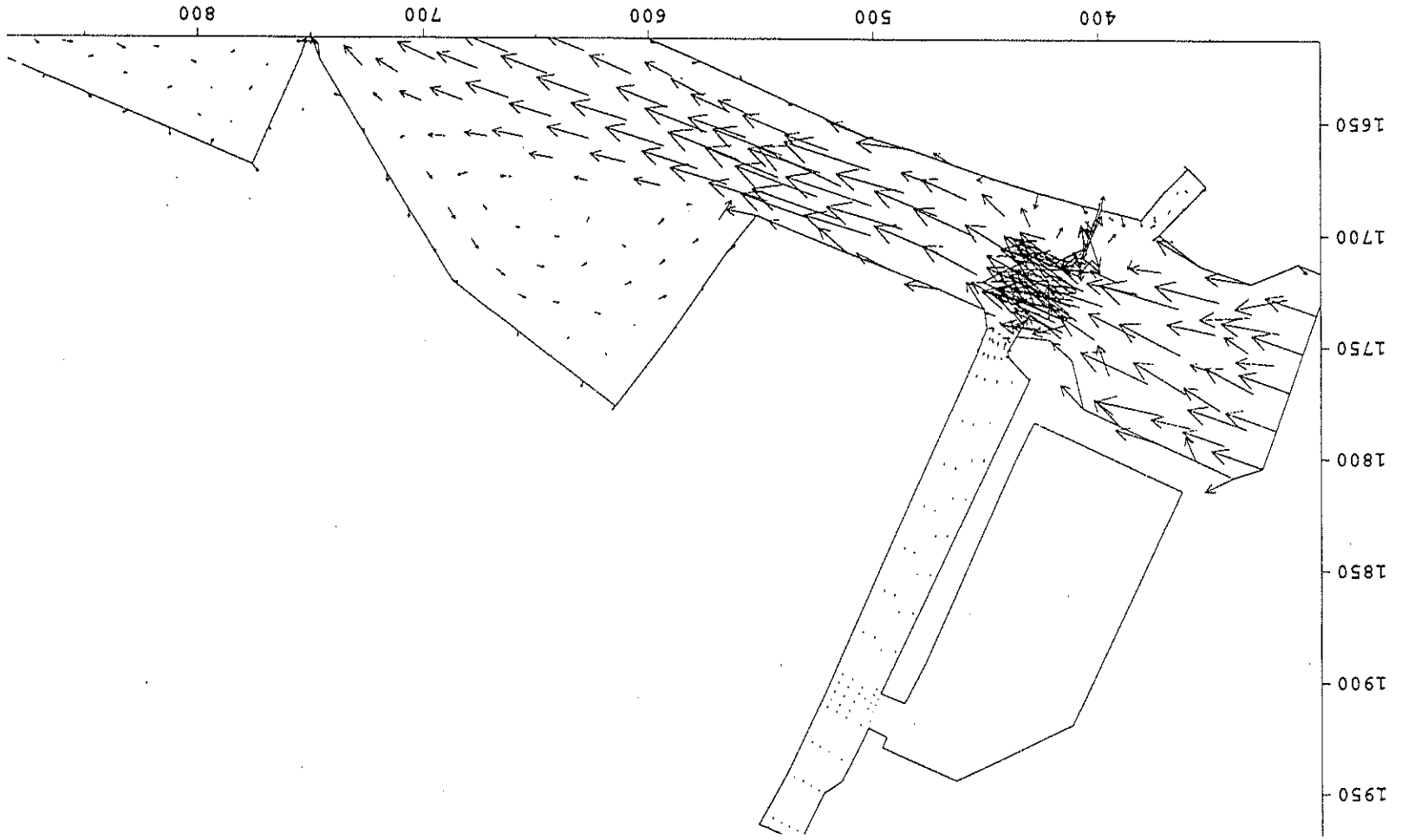
Avec le scénario 2, le volume entrant dans le bassin est plus fort (+20% par rapport au scénario 1), du fait de la proximité du chenal où les courants sont plus forts.

Avec le scénario 3, le volume sortant par la passe d'entrée du bassin est plus important (+10% par rapport au scénario 1) du fait des apports de débit par la buse côté chenal.

Pour les raisons évoquées ci dessus l'aspect renouvellement des eaux sera précisé avec le module qualité de l'eau du logiciel.

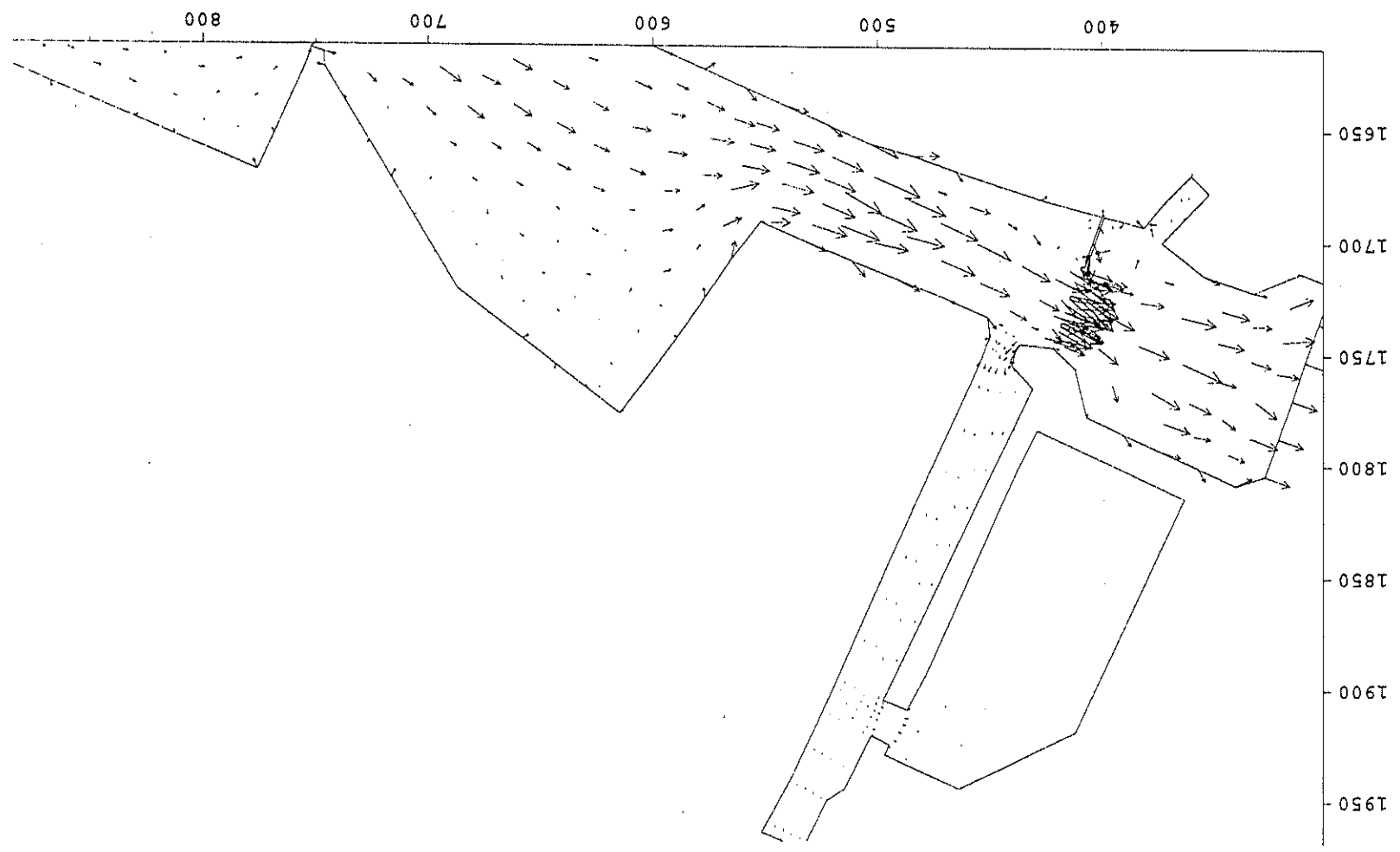
PORT LA NOUVELLE - bassin fluvio maritime
scénario 1 - vitesses en marée descendante
figure 4

0.1
vitesse 12600

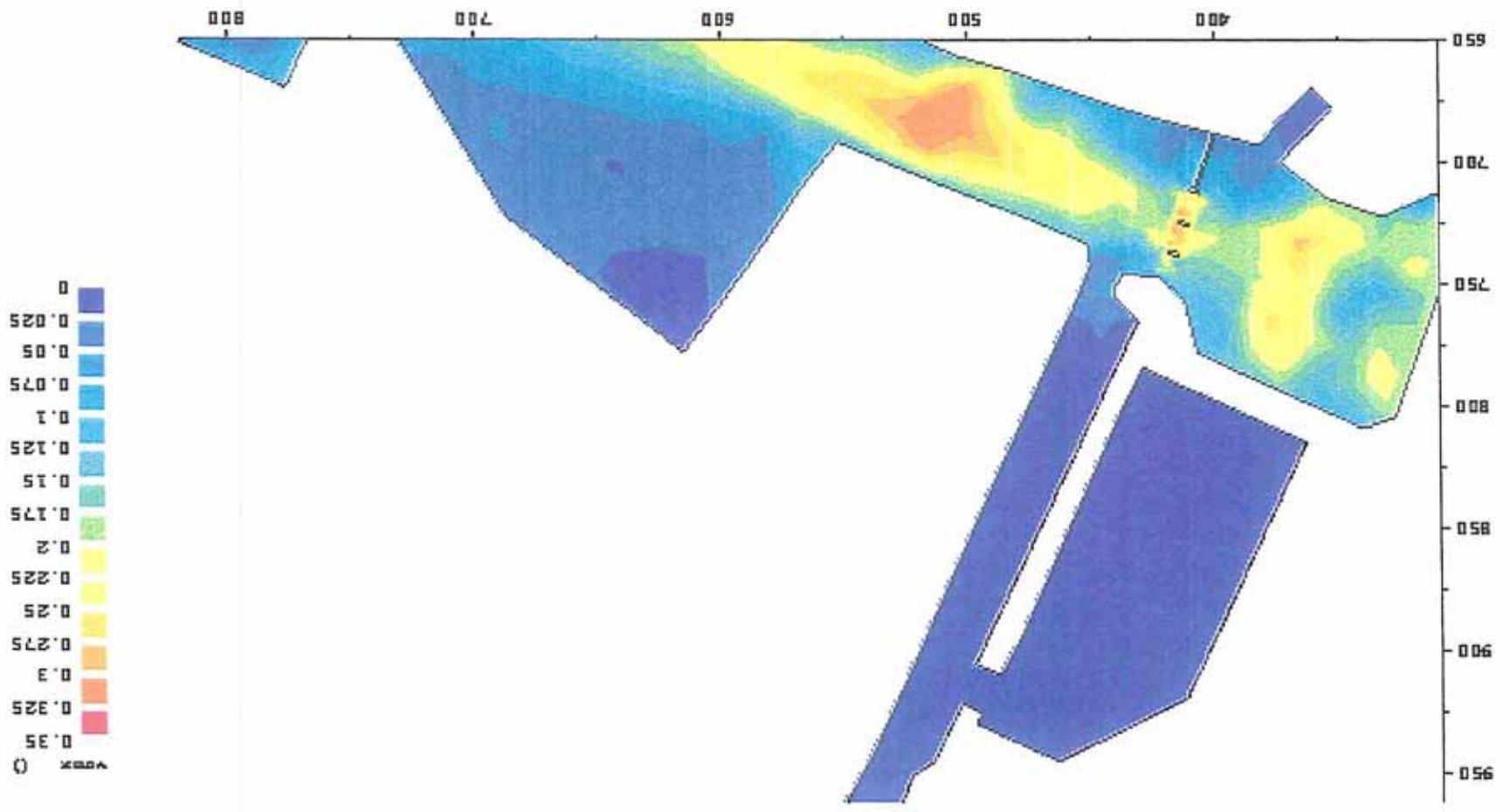


PORT LA NOUVELLE - bassin fluviomaritime
scénario 1 - vitesses en marée montante
figure 5

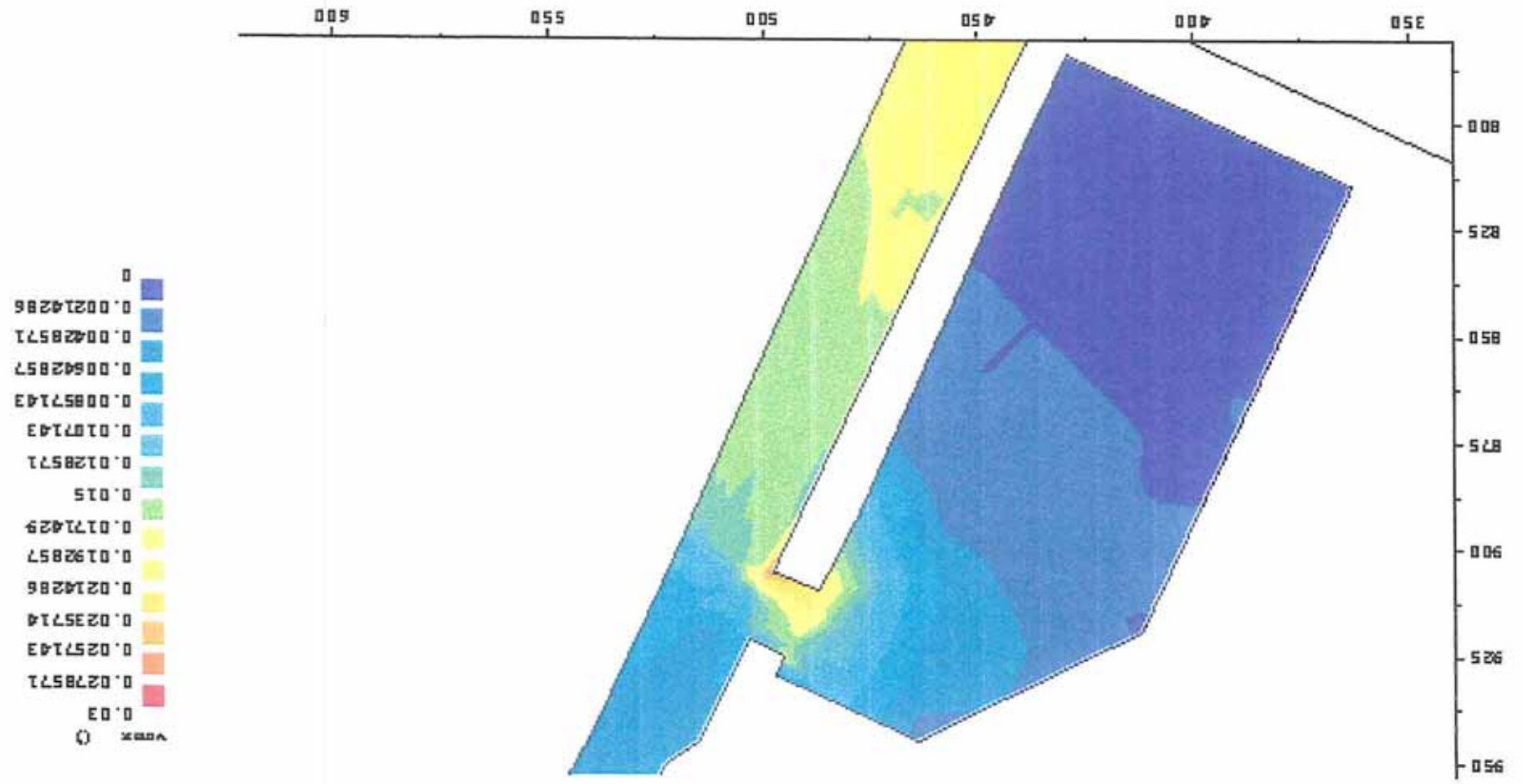
échelle 1 : 0.1
vitesse 76200



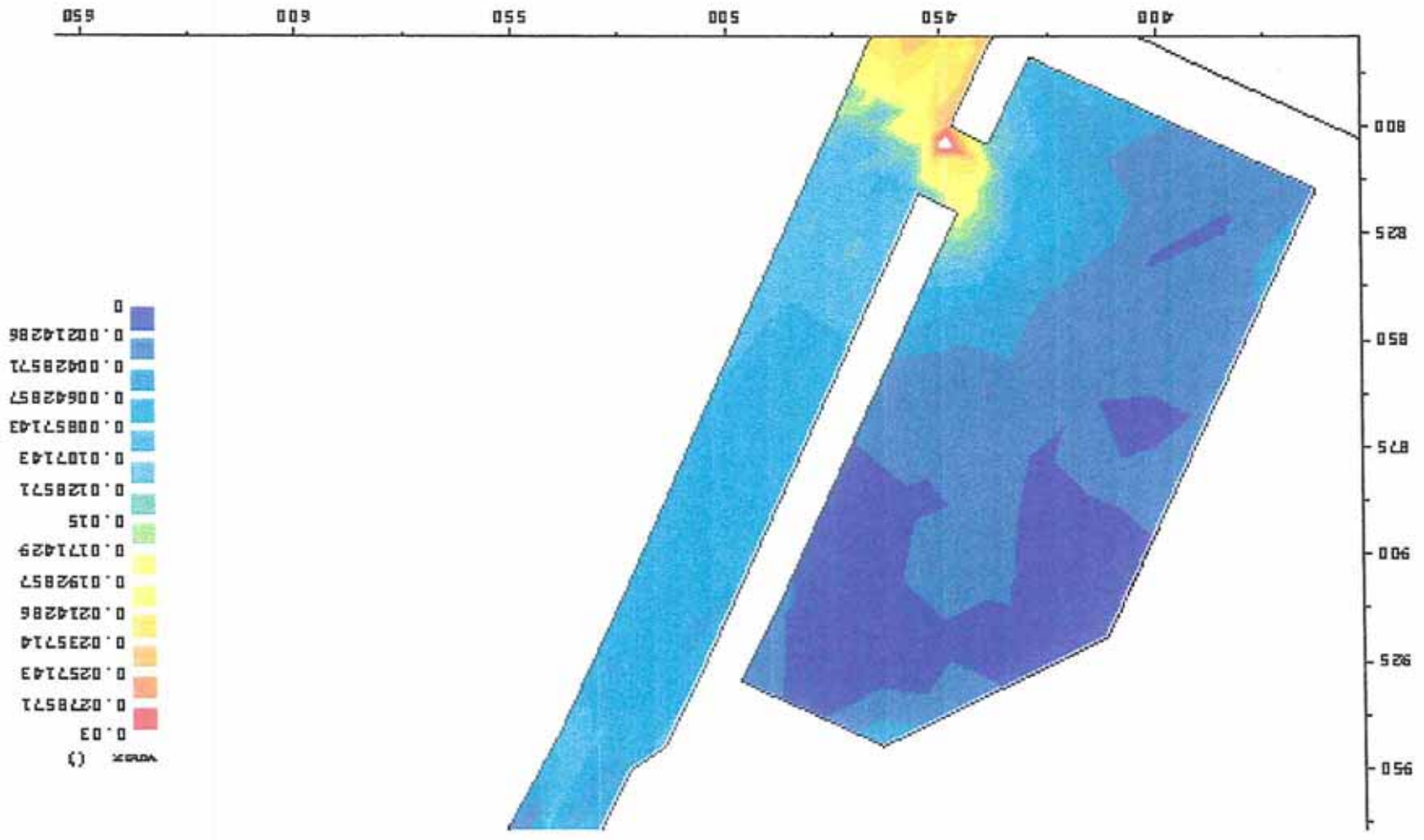
PORT LA NOUVELLE - bassin fluvial maritime
scénario 1 - intensités de vitesses maximales
figure 6



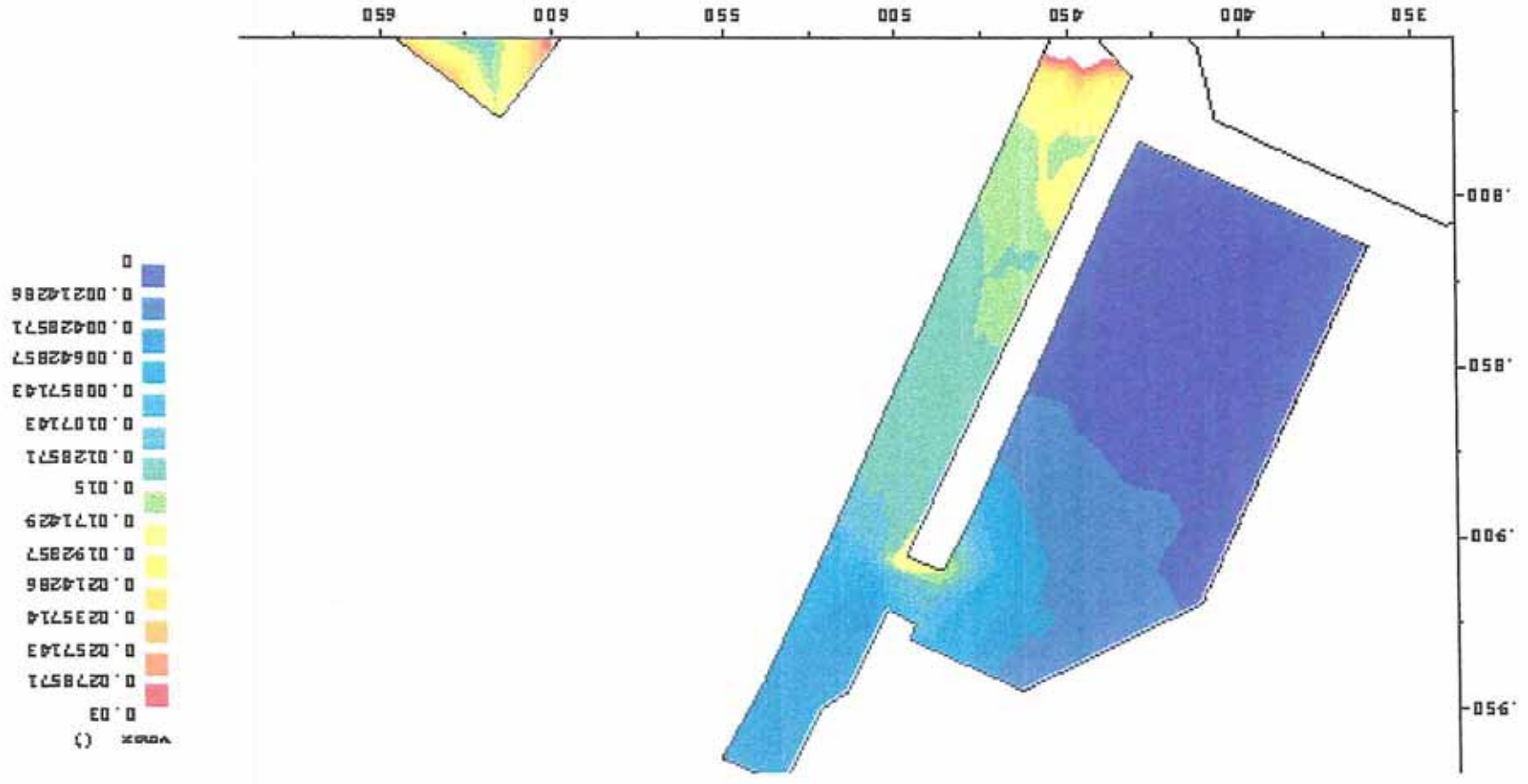
scénario 1 - intensités de vitesses maximales
 PORT LA NOUVÈLE - bassin fluvial maritime
 figure 7a



POINT LA NOUVELLE - bassin fluvial maritime
 scénario 2 - intensités de vitesses maximales
 figure 7b



PORT LA NOUVELLE - bassin fluvial maritime
 scénario 3 - intensités de vitesses maximales
 figure 7c



4.3.3. résultats des simulations « marée avec tramontane »

Les figures 8 et 9 donnent le champ des vitesses et les intensités de vitesses maximales dans le cas d'une marée avec tramontane.

Un débit de 200 l/s est injecté dans le canal de la Robine.

Les figures 9a, 10a et 11a donnent la comparaison des intensités maximales de vitesses dans le bassin pour les scénarios 1, 2 et 3.

Les courants dans le chenal sont toujours sortant vers la mer.

Les intensités maximales sont de 1 m/s dans les passes du barrage.

La vitesse en amont et aval du barrage est de l'ordre de 0.6 m/s.

Dans le canal de la Robine les vitesses sont de l'ordre de quelques cm/s.

Dans le bassin elles restent inférieures au cm/s.

Le tableau suivant donne les vitesses et le volume échangé à la passe d'entrée du bassin (cumul sur la durée de la simulation 12 h) pour les différents scénarios.

tableau : vitesses et débit pour la simulation marée avec tramontane

scénario	vitesse centre bassin (m/s)	vitesse dans le côté sud (m/s)	vitesse face d'entrée (m/s)	canal passe (m/s)	volume échangé à la passe d'entrée du bassin (cumul sur la simulation) (m3) *
1 passe nord canal Robine	4 10-3	7 10-4	9 10-3		- 1987 / + 5292
2 passe sud canal Robine	7 10-3		3 10-2		- 1894 / + 6983
3 idem 1 avec buse côté sud	3.5 10-3	1.9 10-3	9 10-3		- 3101 / + 3370

* le débit entrant est noté +, le débit sortant est noté -

Les vitesses dans le bassin sont plus fortes avec le scénario 2 (+75% par rapport au scénario 1).

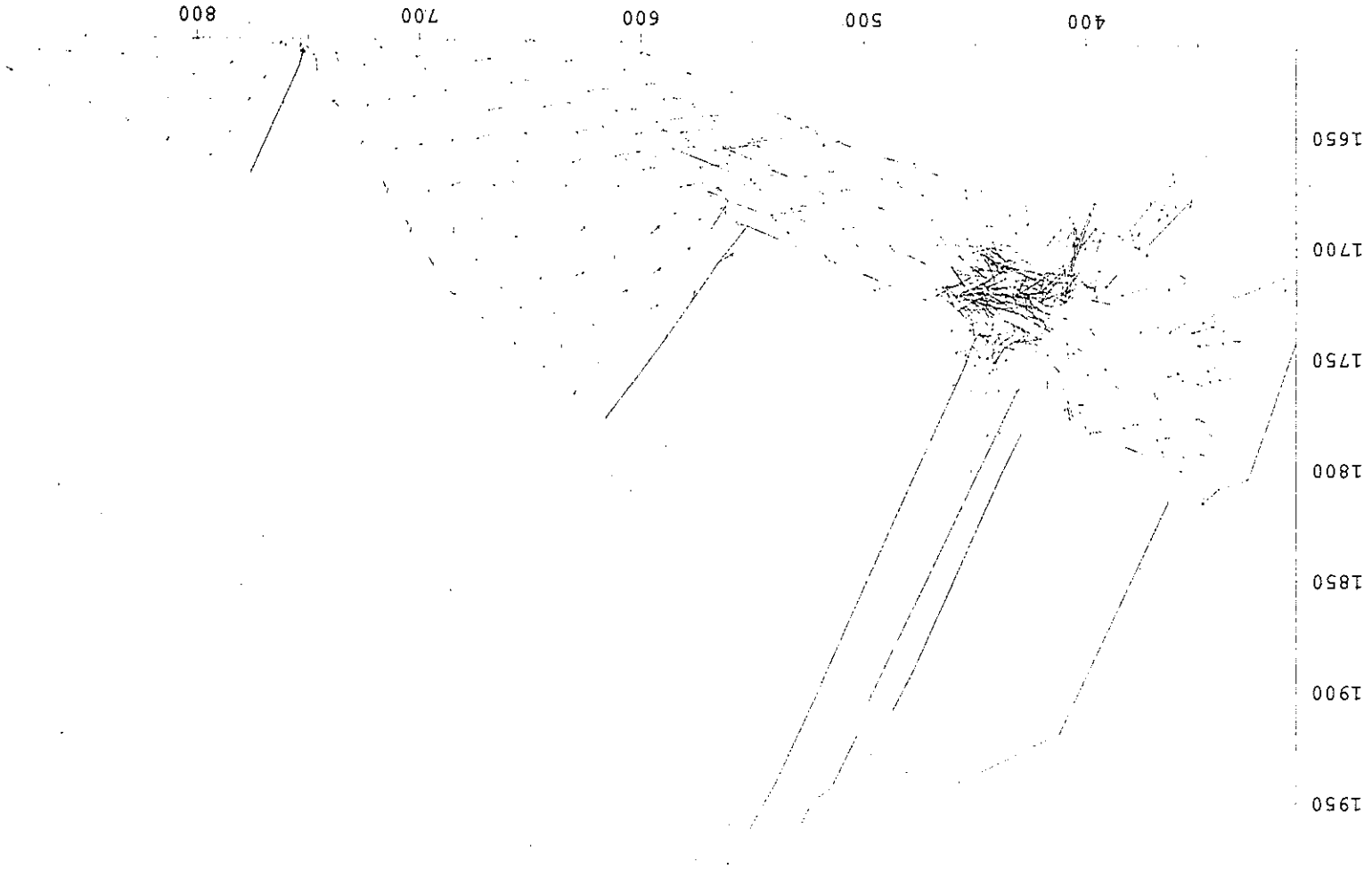
La buse permet d'augmenter sensiblement les vitesses au sud du bassin (x 2.7 par rapport au scénario 1).

Le volume entrant est plus fort dans le cas du scénario 2 (+30% par rapport au scénario 1).

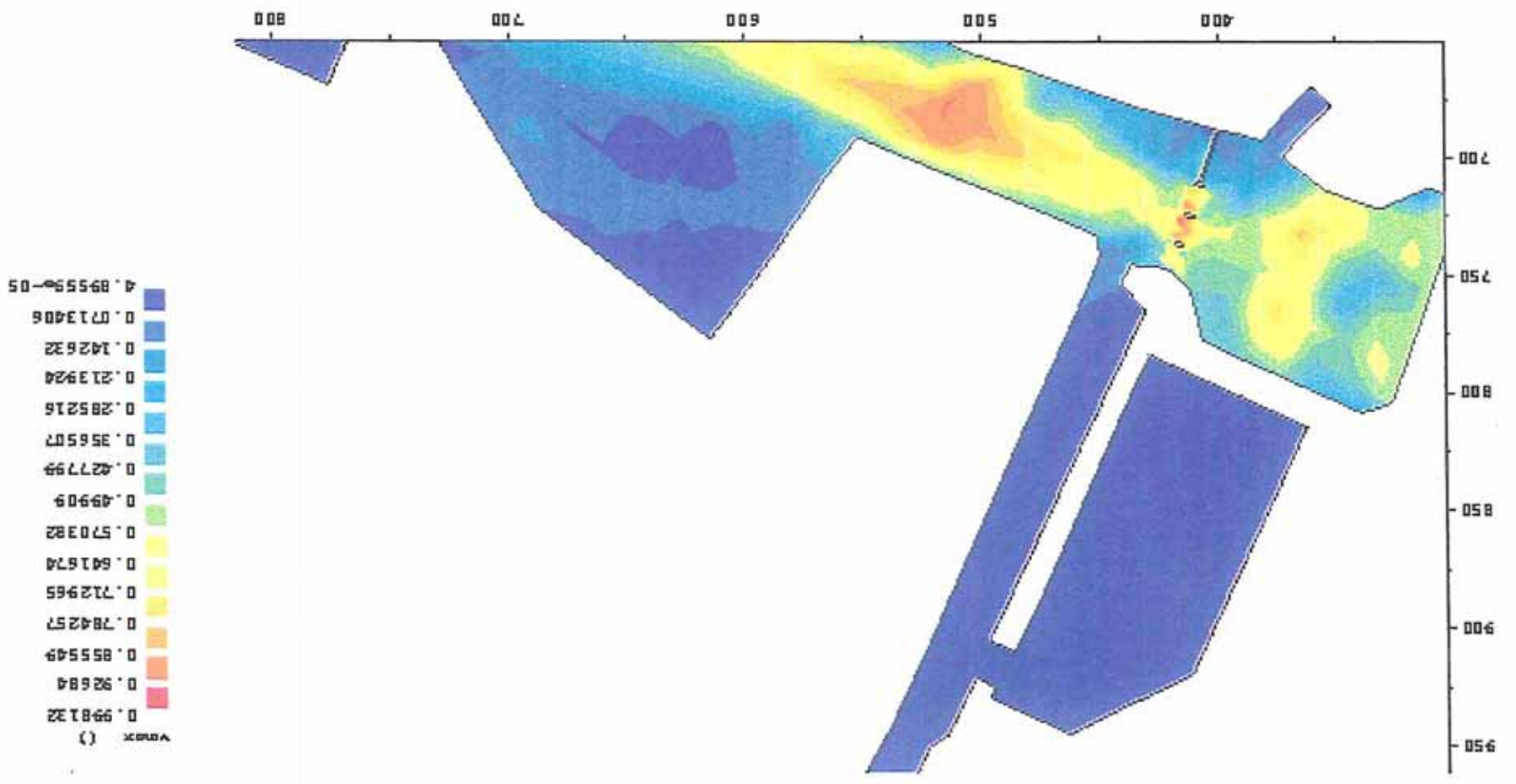
Le volume sortant est plus fort dans le cas du scénario 3 (+60% par rapport au scénario 1) du fait des apports de la buse côté chenal de liaison avec l'étang.

PORT LA NOUVELLE - bassin fluvio maritime
scénario 1 - vitesses à t=12 h
figure 8

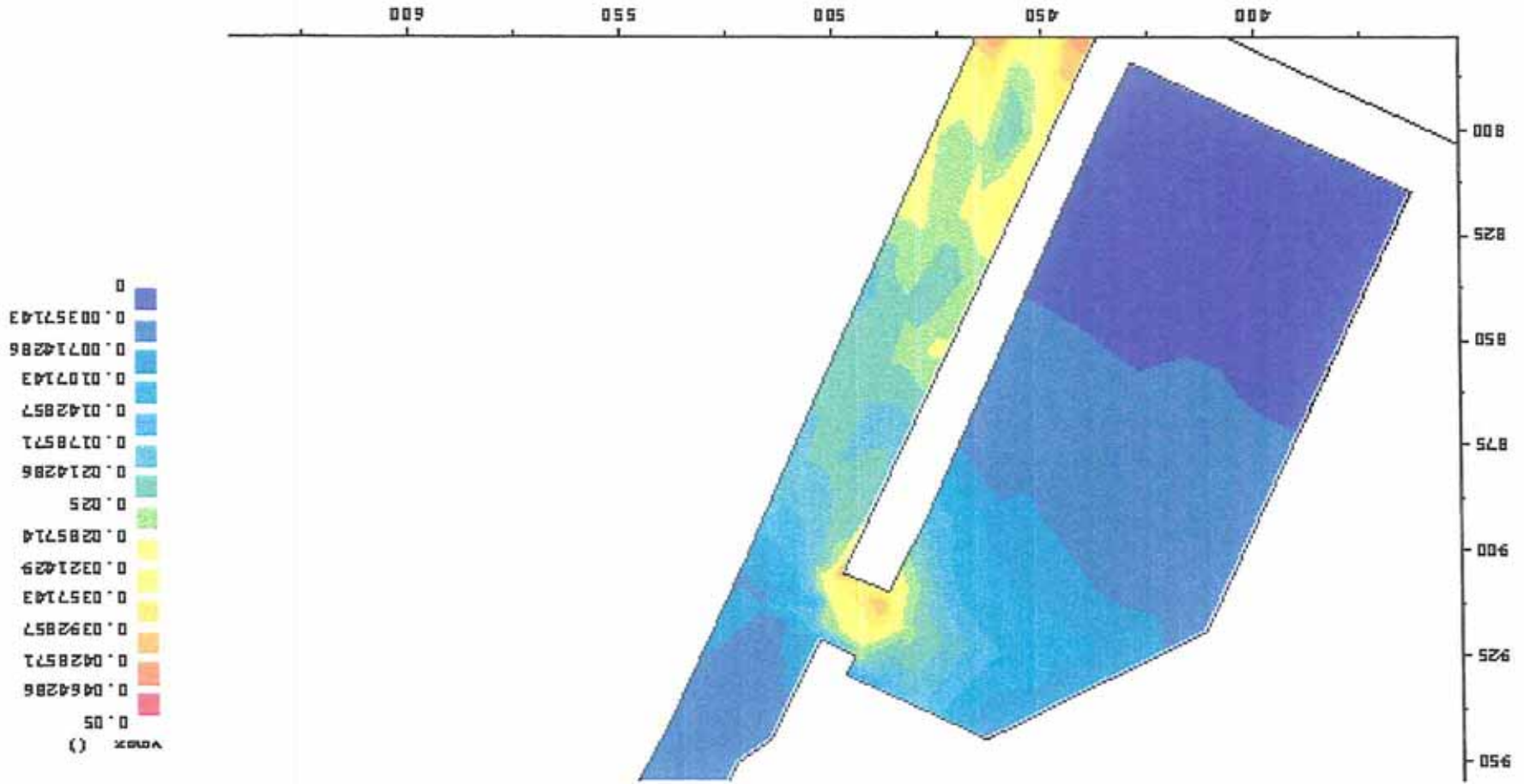
vitesse 43200
1



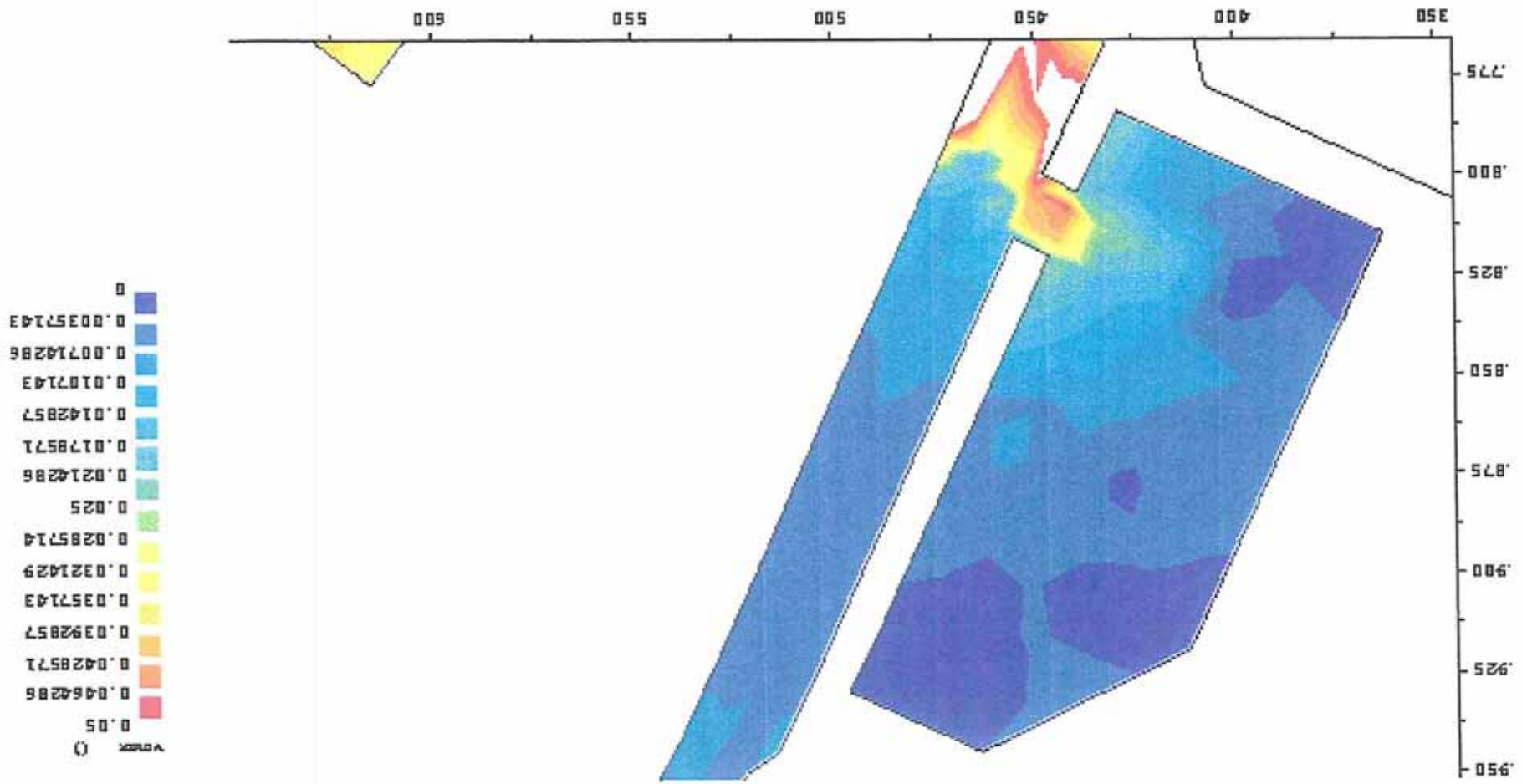
PORT LA NOUVELLE - bassin fluvio maritime
 scénario 1 - intensité de vitesses maximales
 figure 9



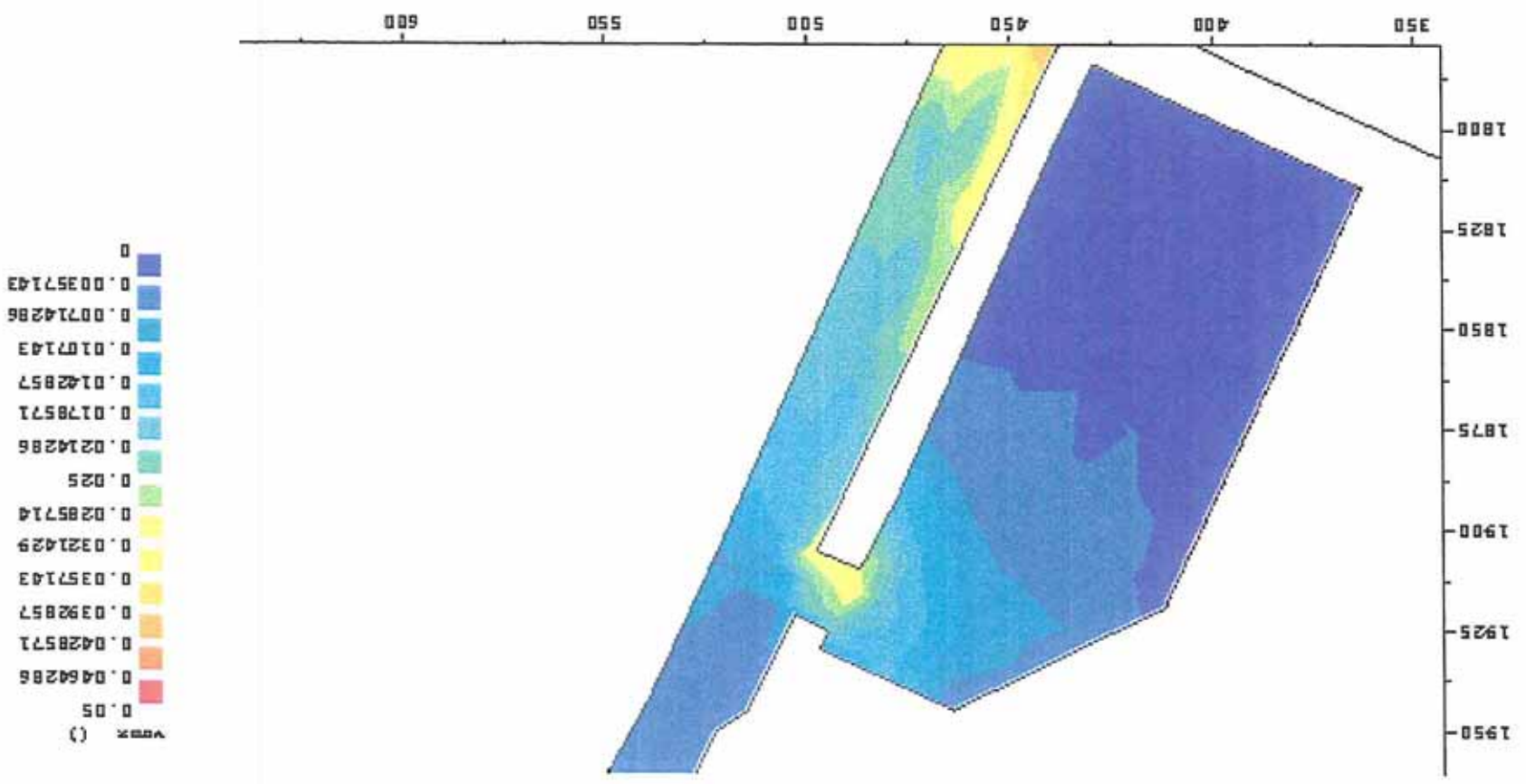
PORT LA NOUVELLE - bassin Fluvio maritime
 scénario 1 - transmontane - intensité de vitesses maximales
 figure 9a



PORT LA NOUVELLE - Bassin fluvial maritime
 scénario 2 - traitement - intensité de vitesses
 figure 10a



PORT LA NOUVELLE - bassin fluvial maritime
 scénario 3 - traitement- intensité de vitesses
 figure 1a



4.4. SIMULATIONS DE QUALITE DE L'EAU

4.4.1. choix des simulations testées

Le module qualité de l'eau a ensuite été mis en œuvre en utilisant les résultats des courants calculés précédemment.

Deux types de simulation de qualité de l'eau sont testés :

- simulation d'un traceur quelconque pour étudier de façon plus fine le taux de renouvellement
- simulation des Matières En Suspension apportées par l'étang en cas de tramontane pour étudier les risques d'envasement du bassin.

Dans les deux cas le phénomène modélisé est le transport d'un traceur conservatif (quelconque ou MES) sous l'action de la convection et diffusion.

4.4.2. résultats des simulations « renouvellement de l'eau »

Ces simulations sont réalisées pour une configuration météorologique de marée faible sans vent, critique du point de vue renouvellement des eaux.

La concentration initiale du traceur est prise égale à 100, et on étudie sa diminution par le renouvellement des eaux aux conditions aux limites (valeur du traceur imposée à 0 aux conditions limites).

La durée des simulations est de 5 jours. Le régime pseudo établi n'est pas forcément atteint dans le bassin, mais la durée simulée est limitée par le temps de calcul important. D'autre part la durée de 5 jours permet même de faire des comparaisons entre scénarios.

Les figures 12 à 15 donnent les valeurs des concentrations du traceur dans le bassin au bout du cinquième jour pour les différents scénarios.

Le tableau suivant résume quelques valeurs de concentration en différents points.

Tableau : concentrations au 5^{ème} jour (concentration initiale : 100 %)

scénario	centre du bassin	sud bassin	du passe d'entrée	nord bassin	du
1 passe nord canal Robine	67 %	83 %	24 %		
2 passe sud canal Robine	65 %	45 %	23 %	83 %	
3 idem 1 avec buse côté chenal étang	46 %	31 %	28 %		
4 idem 1 avec bassin à -1.5 m	66 %	81 %	26 %		

Les scénarios 1, 2 et 4 sont équivalents en terme de renouvellement des eaux.

Le renouvellement pour ces scénarios n'est pas très satisfaisant. Au bout de 5 jours il reste encore 80 % du traceur (valeur initiale 100%) au fond du bassin.

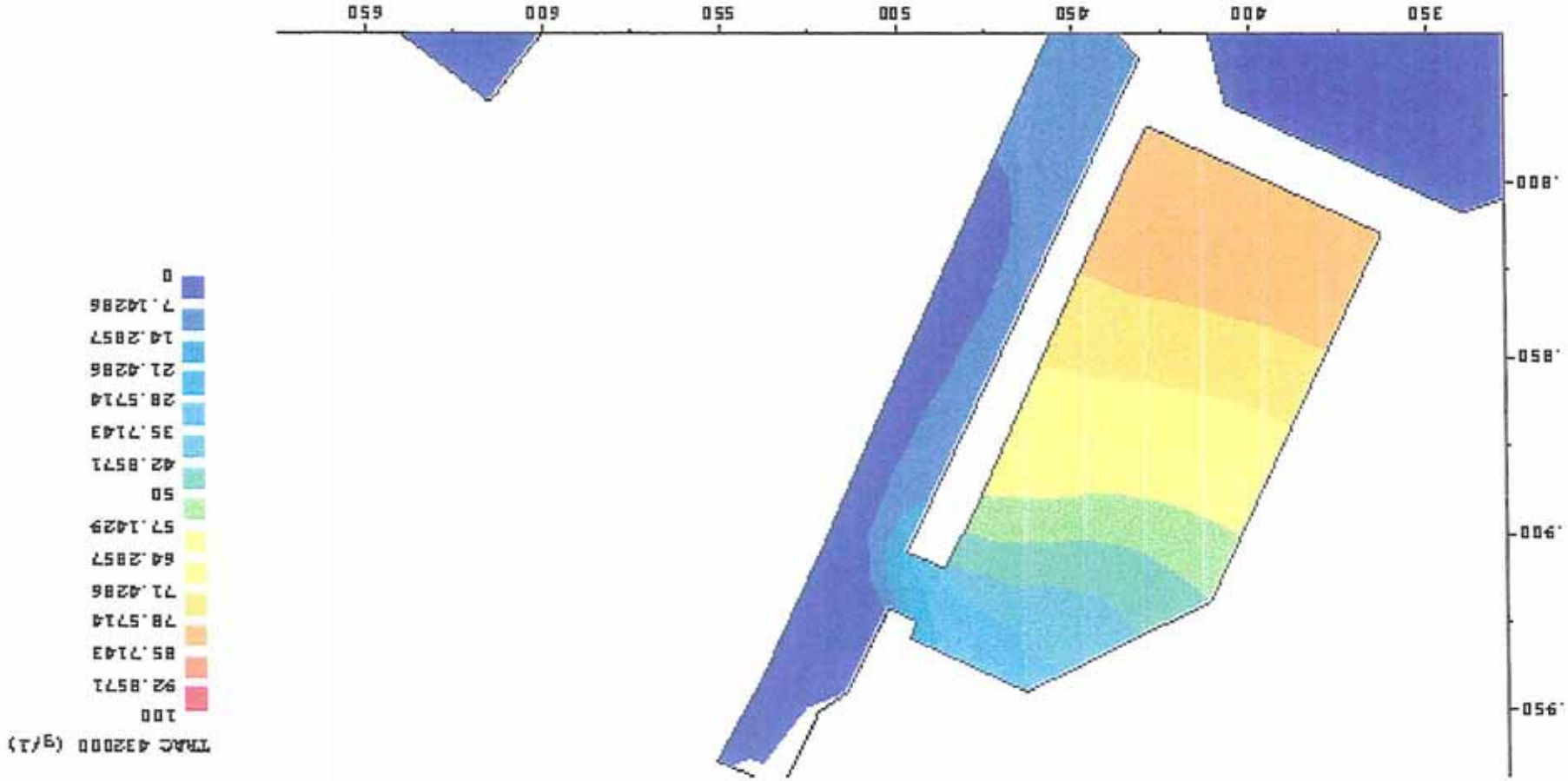
Le scénario le plus pénalisant de ce point de vue reste le scénario 1.

Le scénario 4 (bassin moins profond) améliore légèrement le renouvellement.

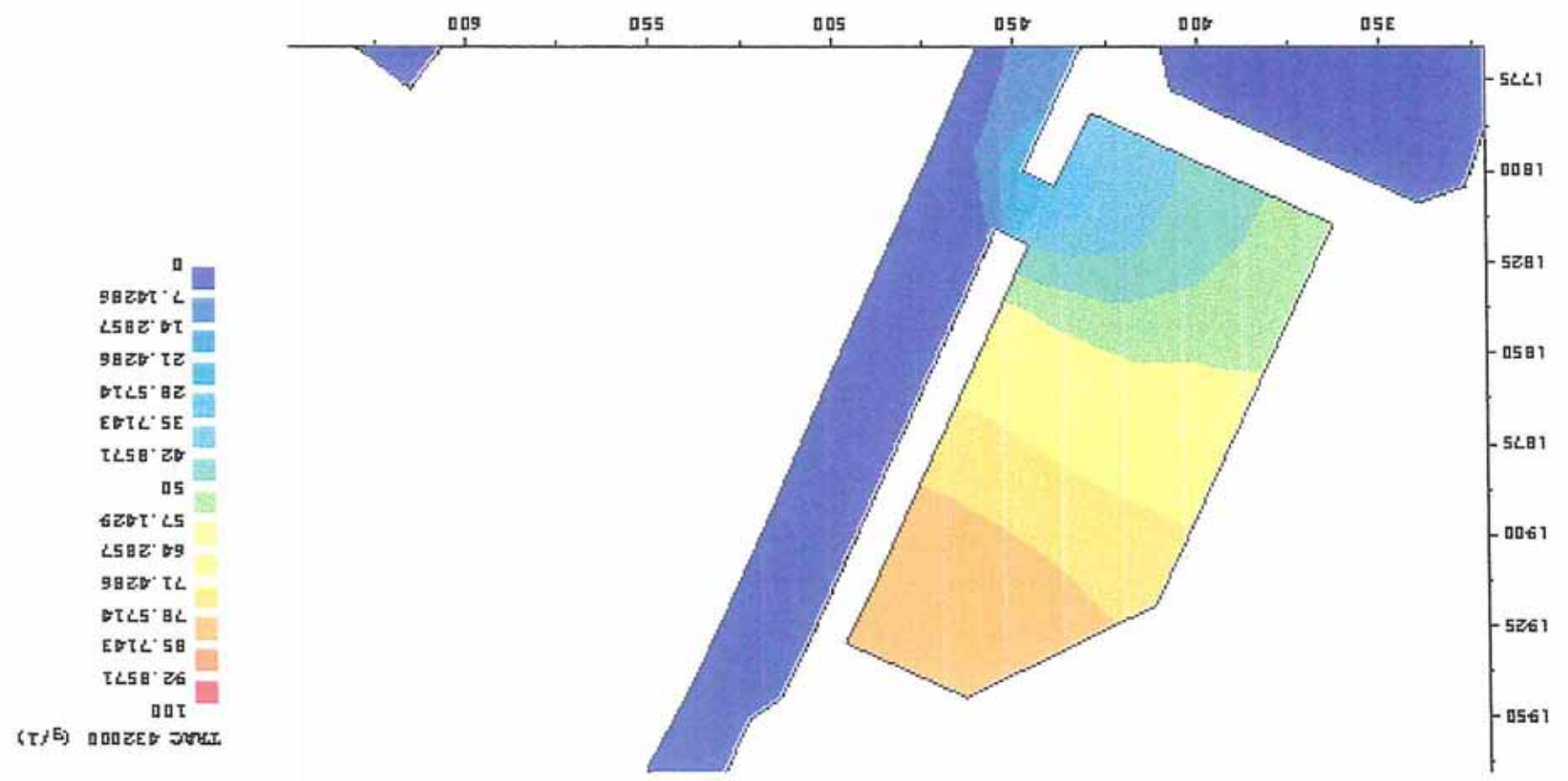
Le scénario 2 (passe au sud) améliore de façon significative le renouvellement au sud du bassin mais les conditions de renouvellement au nord sont équivalentes à celles du sud pour le scénario 1. Ce scénario n'apporte qu'un gain très léger.

Par contre le scénario 3 (avec buse côté chenal de liaison) est nettement plus favorable pour le renouvellement des eaux du bassin.

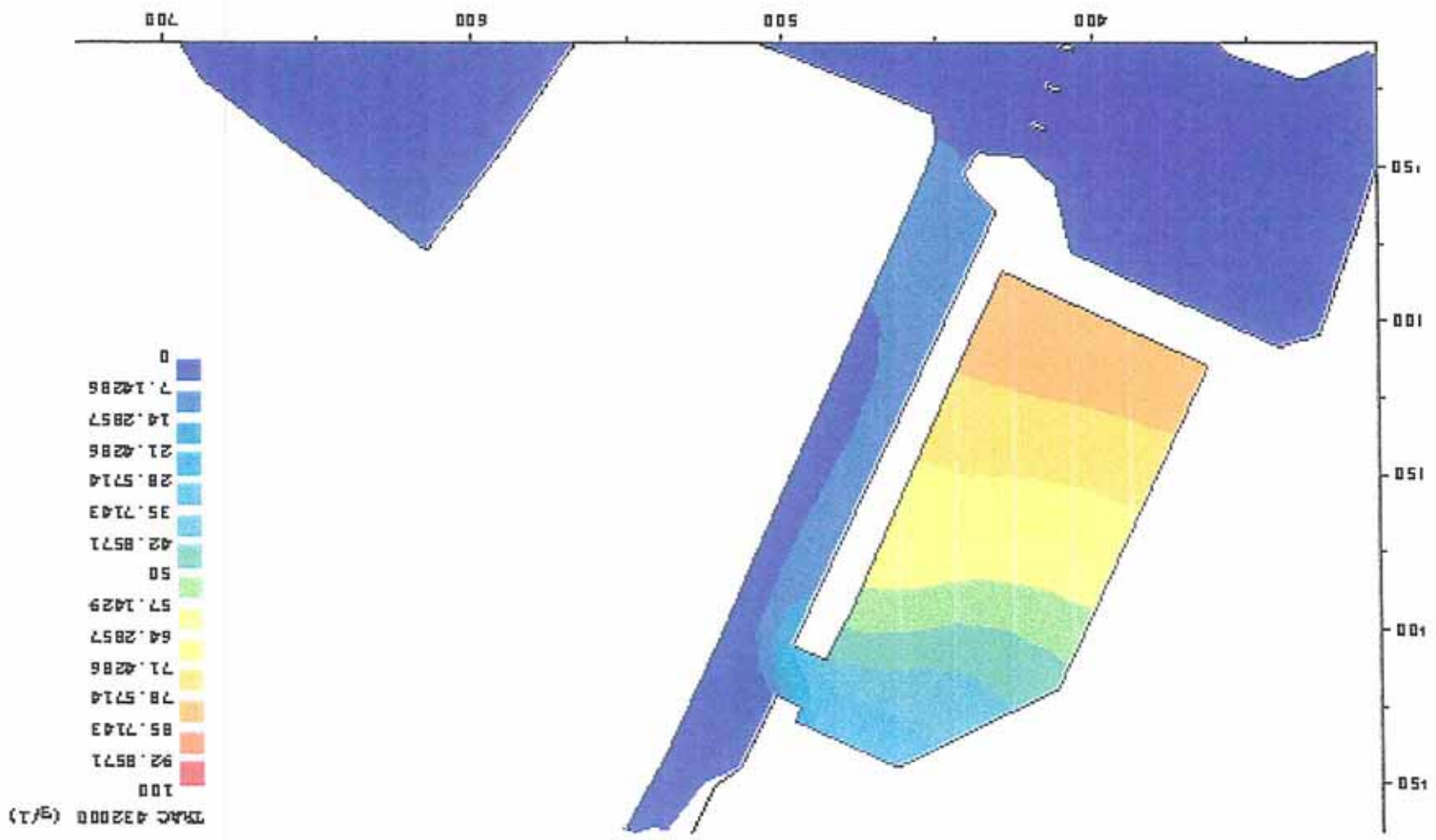
scénario 1 - renouvellement au bout de 5 j
 FORT LA NOUVELLE - bassin Fluvio maritime
 Figure 12



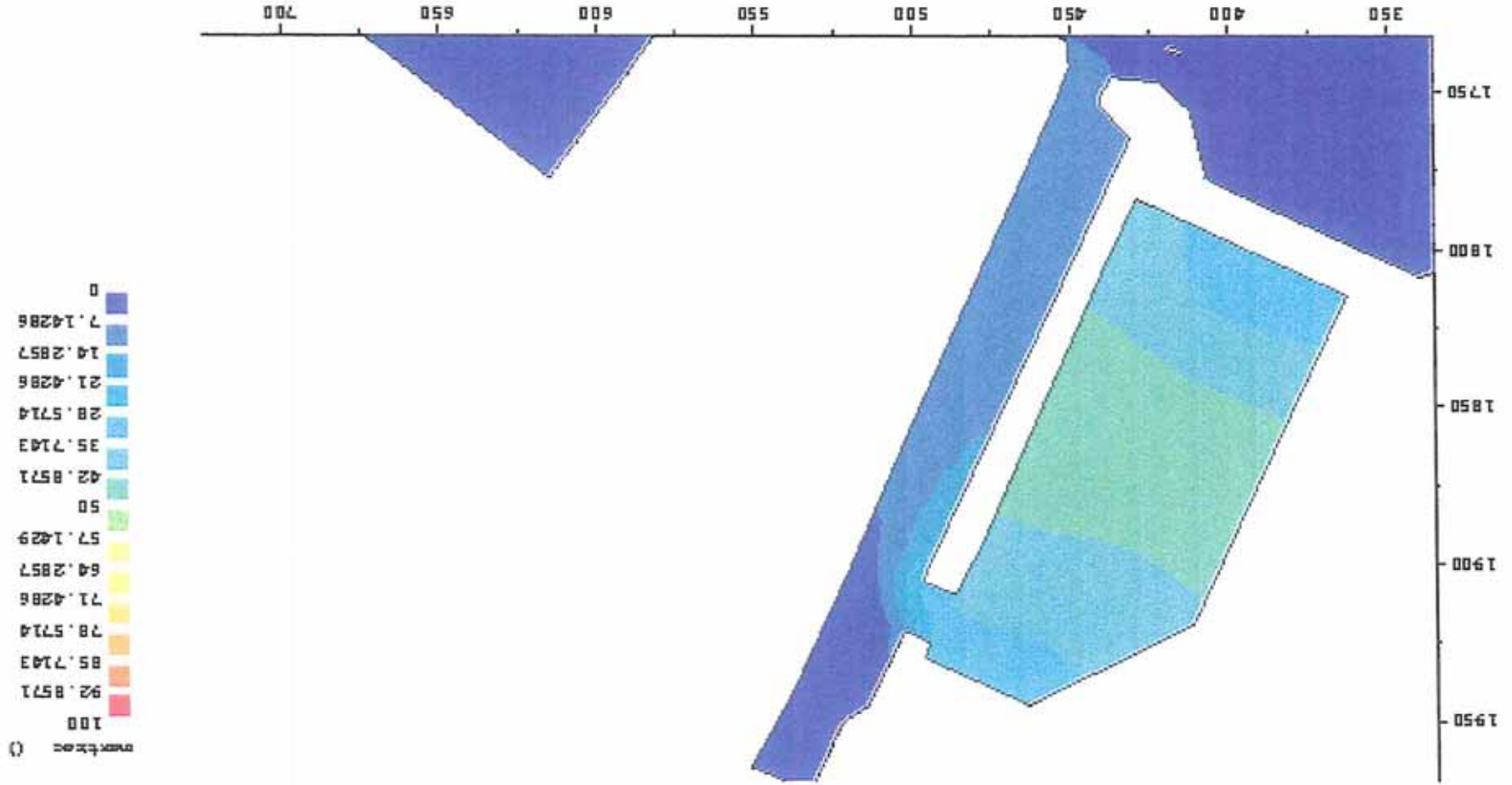
PORT LA NOUVELLE - Bassin Fluvio maritime
 Scénario 2 - renouvellement au bout de 5 j
 Figure 13



PORT LA NOUVELLE - Bassin Fluvio maritime
 scénario 6 - renouvellement au bout de 5 J
 figure 14



POUR LA NOUVELLE - bassin fluvial maritime
 scénario 3 - renouvellement au bout de 5 jours
 figure 15



4.4.3. résultats des simulations « apports sédimentaires »

Ces simulations ont pour objectif d'estimer le transport des Matières En Suspension et par conséquent les risques d'envasement du bassin.

Elles sont réalisées pour chaque scénario d'aménagement pour une configuration météorologique de tramontane.

C'est en effet cette situation qui provoque un apport de sédiments en suspension dans l'eau par l'étang (cf phase 1).

Remarque :

Le phénomène modélisé est uniquement le transport des suspensions dans l'eau.

Le dépôt des sédiments en fonction de la vitesse de chute des sédiments, ainsi que la reprise des dépôts en fonction des courants n'est pas représenté.

La concentration en M.E.S. imposée comme condition à la limite côté étang est de 0.5 g/l, d'après l'analyse de la phase 1.

Les résultats se présentent sous la forme de concentrations en g/l à la fin de la simulation (cf figures 16 à 18).

Le tableau suivant résume les valeurs des concentrations aux différents endroits pour les 3 scénarios.

tableau : concentrations en M.E.S. (g/l) avec tramontane

scénario	centre du bassin	bassin sud	passé côté du bassin	passé d'entrée du bassin	canal face à la passe d'entrée
1 passe nord canal Robine	5 10-7	<<	9 10-4		1.5 10-3
2 passe sud canal Robine	2 10-3	0.015	0.2		0.3
3 idem 1 avec buse côté sud	0.02	0.4	10-5		10-5

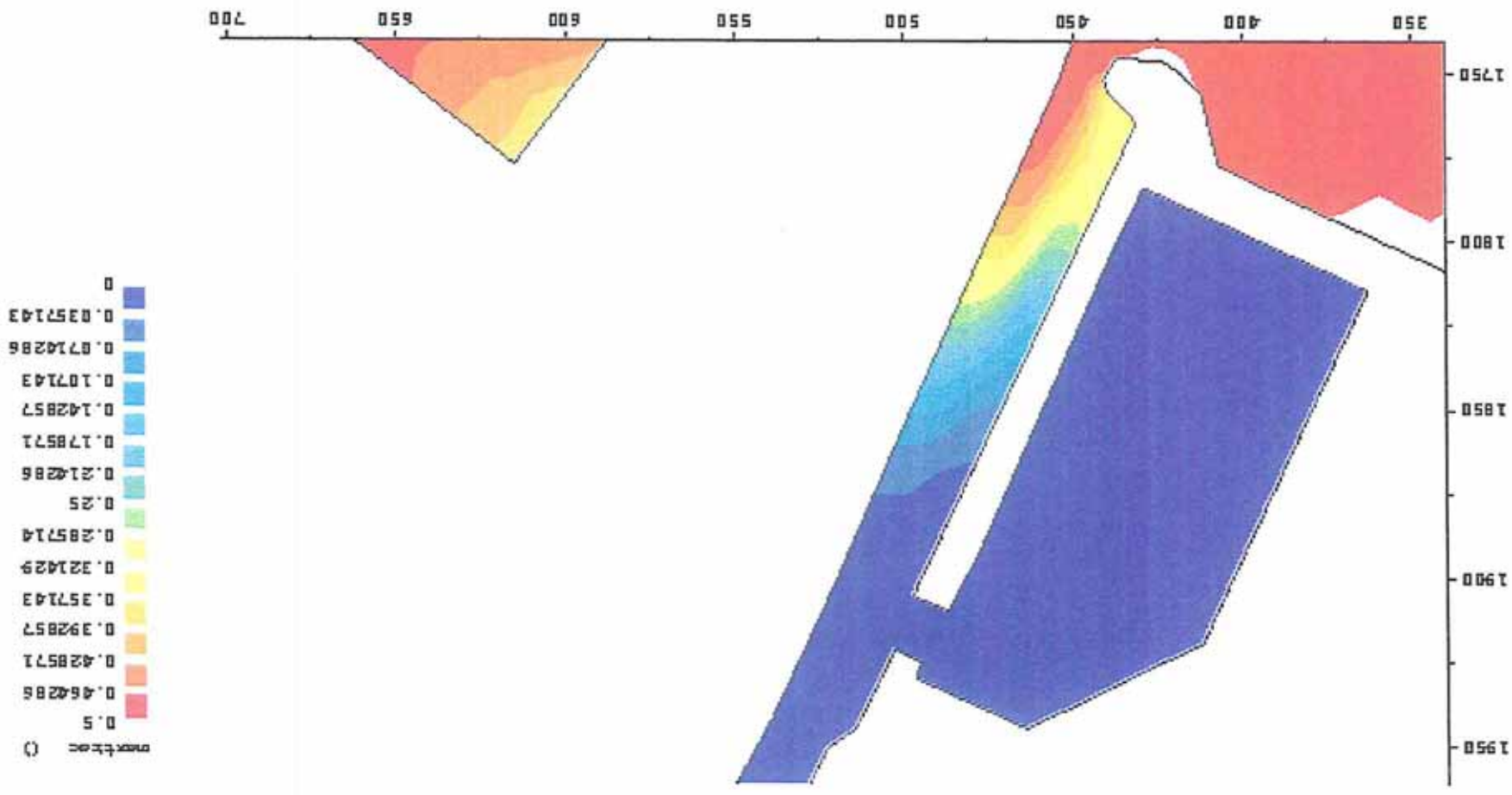
Dans le cas du scénario 1, il n'y a aucun risque d'envasement du bassin par les apports de l'étang.

Pour le scénario 2, les concentrations en M.E.S. dans le centre du bassin sont plus importantes, mais restent quand même faibles (quelques mg/l). Par contre dans la passe d'entrée du bassin elles ne sont pas négligeables (quelques dizaines à centaines de mg/l). Il y a donc un risque non négligeable de sédimentation dans l'entrée du bassin.

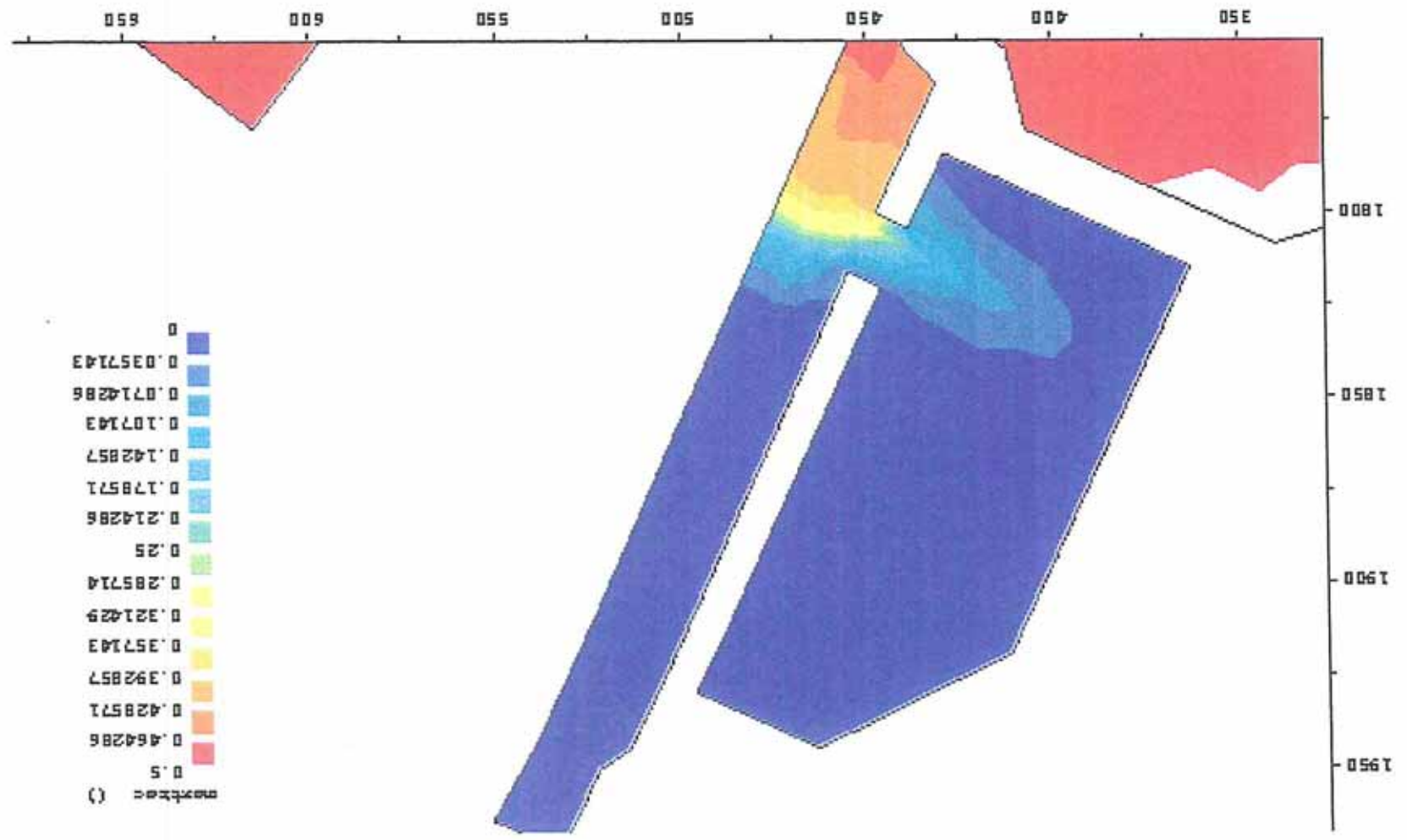
Pour le scénario 3, les concentrations dans le bassin sont très importantes. Il y a donc un risque très important de sédimentation dans le bassin.

A titre indicatif, sur la totalité des apports solides amenés par l'étang durant la simulation, 510⁻⁴ % entre dans le bassin pour le scénario 1, 0.14 % pour le scénario 2 et 0.26 % pour le scénario 3.

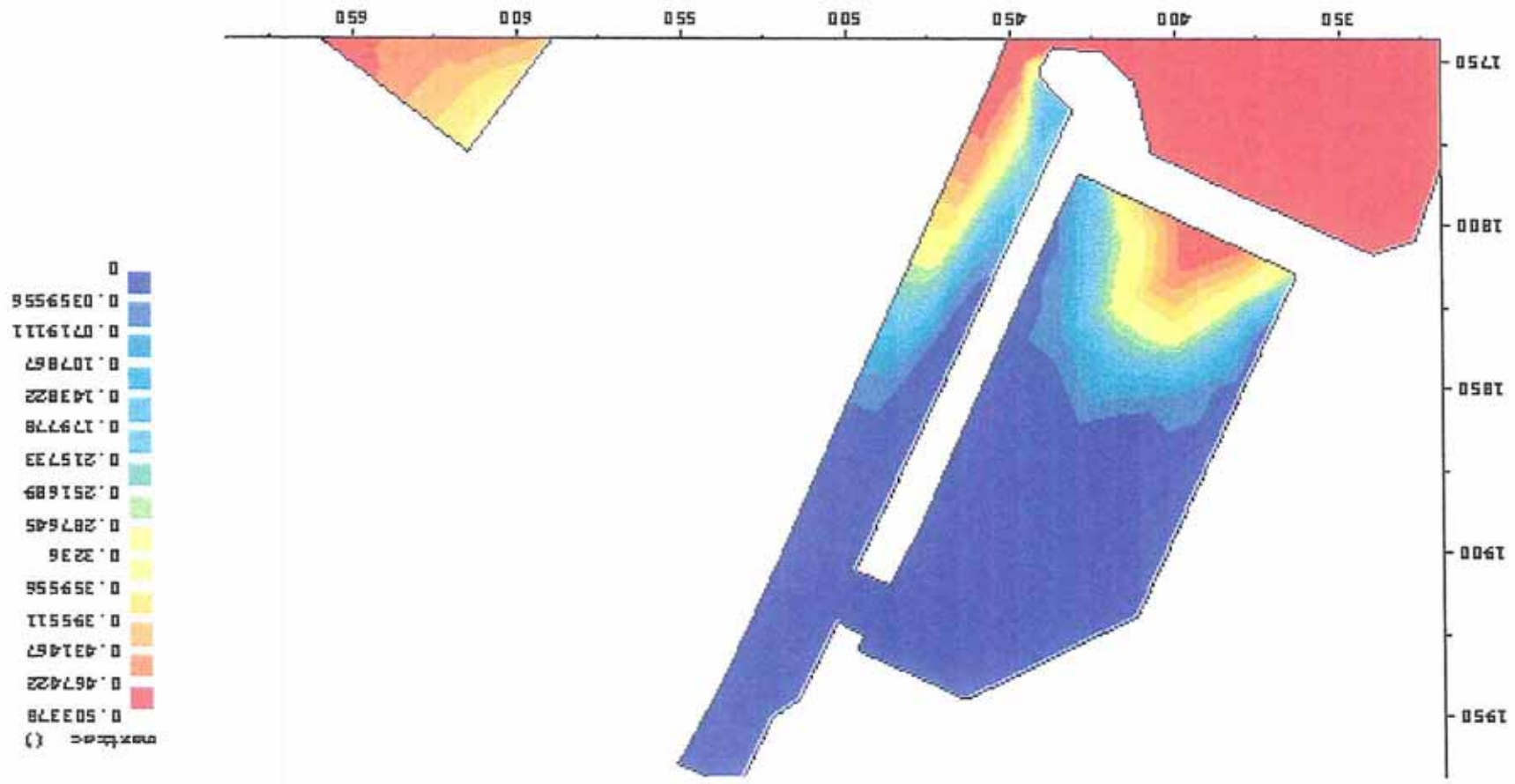
PORT LA NOUVELLE - bassin fluvial maritime
 scénario 1 - transport des MES (g/l)
 figure 16



PORT LA NOUVILLE - bassin fluviomaritime
 scénario 2- transport des MES (g/l)
 figure 17



PORT LA NOUVELLE - bassin fluvial maritime
 scénario 5 - transport de MES (g/l)
 figure 18



5. CONCLUSIONS

5.1. RENOUELEMENT DES EAUX DU BASSIN

5.1.1. les sources de pollution

Les principales sources de pollution du bassin peuvent être :

- accidentelles par déversement d'un produit polluant des voies d'accès
- liées aux usages et pratiques envisagées
- d'origine pluviale
- liées aux apports extérieurs riches en matières organique (canal de la Robine, STEP de Port La Nouvelle).

Ces sources de pollution peuvent conduire à une eutrophisation du plan d'eau en saison estivale avec des températures élevées, une faible profondeur du plan d'eau qui induit un réchauffement rapide, et des eaux stagnantes.

L'eutrophisation conduit à la production d'algues et aux crises dystrophiques dans les cas extrêmes.

La première action réside donc à limiter les apports pouvant générer une pollution :

- prendre des dispositions pour éviter les pollutions accidentelles
- ne pas prévoir de rejets pluviaux dans le bassin
- diminuer la pollution organique du canal de la Robine (la nouvelle STEP de Narbonne va contribuer dans ce sens) et du chenal par l'amélioration de la STEP de Port La Nouvelle
- prévoir des équipements pour prévenir d'une pollution liée aux activités du site

La deuxième action consiste à aménager le bassin de sorte à limiter les facteurs favorisant l'eutrophisation :

- diminuer le temps de résidence hydraulique,
- favoriser le mélange des eaux du bassin
- diminuer le réchauffement du plan d'eau en optimisant la profondeur

D'après le critère d'OSWALD, il existe une relation entre la concentration algale, la profondeur du port, le rayonnement solaire, le taux de rendement journalier de la photosynthèse, et le nombre de jour au bout duquel la concentration algale est atteinte (c'est à dire le nombre de jour limite au-delà duquel le renouvellement des eaux doit être assuré). Compte tenu de ce critère, un bassin de profondeur 1 m environ devrait en théorie se renouveler en 2 à 3 jours, et en environ 5 jours pour une profondeur de 2.5 m. Moins le bassin est profond, plus le délai de renouvellement doit être faible pour éviter l'eutrophisation.

A cet égard les plans d'eau présentant une profondeur de 1 à 1.5 m présentent le plus d'inconvénient.

Par conséquent une profondeur du bassin de 2 m paraît préférable pour limiter le réchauffement du plan d'eau et les risques d'eutrophisation.

La géométrie du plan d'eau en limitant les angles permet de limiter de plus les risques.

Les berges verticales à sub-verticales elles aussi limitent les risques d'échouage des algues.

5.1.2. résultats de la modélisation

En ce qui concerne le taux de renouvellement moyen, le volume du bassin est d'environ 15000 m³ (profondeur 1.5 m) ou 20000 m³ (profondeur 2 m) selon les scénarios.

Le volume échangé par jour étant de l'ordre de 5000 m³/jour, le taux de renouvellement théorique est d'environ 3 jours pour le bassin avec une profondeur de 1.5 m, et d'environ 4 jours pour une profondeur de 2 m. Ce délai de renouvellement théorique est satisfaisant d'après le critère défini précédemment pour un bassin de profondeur 2 m.

Il faut remarquer que ce taux de renouvellement ainsi défini est un taux de renouvellement moyen. En effet dans les zones à faible courant, les eaux sont animées d'un faible mouvement alternatif sans jamais être véritablement renouvelées.

Il n'y a renouvellement réel que si les eaux sorties du bassin sont remplacées par des eaux différentes.

Pour assurer un renouvellement homogène dans tout le bassin il faut en plus chercher à mélanger les eaux à l'intérieur du bassin.

Le module qualité de l'eau du logiciel permet de préciser cette notion de renouvellement.

De ce point de vue c'est le scénario 3 avec la buse côté chenal qui assure le meilleur renouvellement des eaux, en créant d'une part des courants dans le bassin qui favorisent le mélange des eaux, et en apportant une eau de relativement «bonne qualité » en provenance de l'étang (en dehors des périodes de tramontane).

Pour les autres scénarios le bassin a un renouvellement réel peu satisfaisant (dans le fond du bassin il reste 80 % du traceur sur une valeur initiale 100%, au bout de 5 cinq jours), avec peu d'écart entre les scénarios.

En l'absence de buse, si des apports eutrophisants sont susceptibles d'arriver dans le bassin, il serait préférable de mettre en œuvre un dispositif de pompage, à partir du chenal de liaison avec l'étang par exemple (débit de pompage environ 100 l/s). Ce pompage devrait fonctionner uniquement en période estivale, où les risques d'eutrophisation sont les plus forts.

5.2. SEDIMENTATION DANS LE BASSIN

Les risques de sédimentation dans le bassin sont dus aux apports de sédiments en provenance de l'étang transportés par le chenal de liaison en cas de forte tramontane (vent supérieur à 10 m/s).

Dans le cas du scénario 1 (passe d'entrée côté nord) d'après les résultats de la modélisation, il n'y a aucun risque de sédimentation par les apports de l'étang.

Par contre pour les scénarios 2 (passe d'entrée côté sud) et 3 (passe d'entrée côté nord avec buse de communication) les risques de sédimentation sont importants, du fait des échanges plus grands avec le chenal de liaison.

Pour le cas du scénario 3 avec buse de communication, une solution pourrait consister à fermer l'entrée de la buse en cas de forte tramontane.

On peut estimer la quantité annuelle de matériaux qui vont sédimenter à partir des résultats de la modélisation présentés au paragraphe 4.4.3.

En effet, d'après ces résultats, $5 \cdot 10^{-4}$ % des apports solides amenés par l'étang, entre dans le bassin pour le scénario 1, 0.14 % pour le scénario 2, et 0.26 % pour le scénario 3.

La quantité d'apports solides annuelle amenée par l'étang peut être estimée à 250000 m³ (quantité annuelle de matériaux dragués ces dernières années).

A partir de cette estimation, la quantité des apports qui vont sédimenter dans le bassin, peut être évaluée à :

- négligeable pour le scénario 1
- 350 m³/an pour le scénario 2
- 650 m³/an pour le scénario 3.

5.3. CHOIX DU SCENARIO D'AMENAGEMENT

Pour limiter les risques d'eutrophisation une profondeur de 2 m pour le bassin est préférable.

La position de la passe d'entrée côté nord du canal de la Robine semble être la meilleure solution.

En effet dans ce scénario il n'y a aucun risque de sédimentation dans le bassin par les apports de l'étang.

Par contre c'est le plus mauvais scénario par rapport au renouvellement des eaux.

Il apparaît donc nécessaire de mettre en œuvre soit une buse (diamètre 800 mm ou 1000 mm) côté chenal de liaison avec l'étang, soit de faire un pompage (de débit environ 100 l/s) à partir du chenal de liaison.

Dans la première solution l'inconvénient est que la buse doit être impérativement fermée en cas de forte tramontane, à cause du risque très fort de sédimentation du bassin en cas de communication.

La meilleure solution paraît être celle du pompage nécessaire a priori pendant les périodes estivales, où les risques d'eutrophisation sont les plus forts.

Dans tous les cas, les apports polluants dans le bassin sont à proscrire.

Par ailleurs, l'amélioration de la qualité des eaux du canal de la Robine (STEP de Narbonne), du chenal (STEP de Port la Nouvelle) est souhaitable par rapport au projet.

5.4. OPTIMISATION DES AMENAGEMENTS

Les scénarios d'aménagement ont été présentés lors de la réunion du 7 décembre 2001.

Le choix s'est orienté vers le scénario 3 comportant une passe d'entrée au nord et une buse de communication entre le chenal de liaison et le bassin.

Ce scénario présente en effet le meilleur renouvellement des eaux du bassin et donc limite les risques d'eutrophisation.

Par contre il présente l'inconvénient de laisser pénétrer les matériaux en suspension dans l'eau en provenance de l'étang, en cas de fortes tramontanes.

Il présente donc un risque de sédimentation dans le bassin.

Les sédiments à draguer annuellement ont été estimés à 650 m³/an sur la base d'un apport annuel de matériaux par l'étang de 250000 m³/an.

Il s'agit de rechercher des mesures réductrices pour diminuer les apports solides transitant par la buse.

Plusieurs solutions ont été envisagées :

- ouvrage déflecteur devant l'entrée de la buse côté chenal,
- buse avec clapet, martelière, filtre ou décanteur,
- optimisation de la position, l'orientation et l'inclinaison de la buse,
- pompage,
- dragage

La solution **ouvrage déflecteur** devant l'entrée de la buse côté chenal n'est pas satisfaisante. En effet, elle créerait des tourbillons à l'extrémité de l'ouvrage ce qui aurait pour effet de remettre en suspension les sédiments à proximité de l'entrée de la buse. Cette solution est habituellement retenue pour limiter l'intrusion des flottants et des gros matériaux mais a un effet négatif sur les matériaux fins.

La solution **d'une buse avec martelière** est satisfaisante sur le principe mais elle impose une gestion occasionnelle (fermeture manuelle de la buse en cas de tramontane) entraînant des difficultés de maintenance.

La solution **buse avec clapet** n'est pas possible car, pour empêcher l'intrusion des matières en suspension, elle interdirait le passage du débit dans le sens étang-bassin, or c'est contraire à l'effet souhaité pour le renouvellement des eaux.

La solution **filtre à l'entrée de la buse** côté chenal ne paraît guère envisageable : elle pose des difficultés de conception (les matériaux à stopper sont très fins) et surtout d'entretien (risque de colmatage du filtre).

Le principe du **bassin de décantation** est envisageable cependant les dimensions du bassin devraient être très importantes pour décanter les particules de très faibles tailles apportées par l'étang (inférieures à 40 µm). En effet, un calcul sommaire révèle que pour décanter les particules de diamètre supérieur à 40 µm, il faudrait une surface minimale de décantation de 100 m², et pour décanter les particules de diamètre supérieur à 10 µm, il faudrait une surface de décantation supérieure à 400 m². L'emprise disponible pour un bassin de décantation permettrait de stopper uniquement les plus grosses particules, soit un très faible pourcentage des apports de MES. L'efficacité du bassin serait donc réduite : il permettrait de diminuer légèrement les dragages, mais pas de les supprimer.

L'orientation et l'inclinaison de la buse ont peu d'incidence sur le débit qui transite. En effet, le débit transitant dans la buse est fonction uniquement de la différence de niveau d'eau entre le chenal de liaison et le bassin.

Par contre la position en plan et en altimétrie est importante pour son fonctionnement.

La position de la buse prise en compte dans la modélisation est située à environ 20 m de la berge ouest du bassin, soit à environ 40 m en aval du remblai SNCF. Plus la buse est située à l'ouest du bassin, plus forts sont les niveaux d'eau et donc la perte de charge dans la buse (le niveau d'eau dans le bassin est lui sensiblement le même partout). Le débit entrant dans la buse est donc plus important, ce qui a un effet positif pour le renouvellement des eaux, mais négatif pour l'entrée des matières en suspension.

La position de la buse en altimétrie est, elle aussi, importante. Il faut que la buse soit calée le plus haut possible pour limiter les apports en suspension : les concentrations des MES sont beaucoup plus fortes au fond qu'à la surface. Par contre il faut qu'elle soit calée suffisamment bas pour être alimentée en cas de niveau marin faible : les niveaux marins minimaux sont de l'ordre de -0.3 m NGF d'après les éléments disponibles. Nous proposons de caler la buse à mi-hauteur, soit à environ -1 m NGF (la profondeur du bassin est de -2 m NGF).

Il n'y a pas a priori de dispositifs performants pour réduire le passage des matières en suspension dans la buse. Les dragages devront se faire en sortie de la buse dans le bassin. La quantité de sédiments à draguer a été estimée à 650 m³/an, sur la base d'un apport annuel de l'étang de 250000 m³/an.

Dans le chenal de liaison côté berge sud du bassin, il ne devrait pas y avoir de sédimentation importante. En effet, si les apports de sédiments en suspension provenant de l'étang sont importants, les vitesses fortes dans ce secteur limiteront les dépôts des matériaux. S'il y a engraissement, il devrait être faible et localisé sur les talus. Les pontons d'amarrage prévus dans ce secteur devraient être décalés de 3 à 4 m vers le chenal. D'autre part les bateaux concernés ont des petits tirants d'eau, ce qui limite les problèmes liés à l'engraissement éventuel de la zone.

Pour éviter les dragages dans le bassin, et assurer un bon renouvellement des eaux du bassin, la seule alternative est de mettre en œuvre un dispositif de pompage.

Un pompage de 100 l/s des eaux du chenal de liaison vers le bassin permettrait d'assurer le renouvellement des eaux nécessaire lors des périodes estivales. Ce pompage serait mis en œuvre uniquement pendant les périodes estivales, en dehors des fortes tramontanes qui amènent les sédiments en suspension. Un pompage des eaux du bassin vers le chenal serait moins efficace du point de vue renouvellement des eaux car il amènerait dans le bassin des eaux du canal de la Robine de moins bonne qualité que celle de l'étang (du point de vue apports eutrophisants).