



Lannion-Trégor Communauté

Mise à jour de l'étude de courantologie et de dispersion dans le cadre du projet de réhabilitation de la station d'épuration de l'Île Grande

Rapport final

Siège social

36, quai de la Douane – 29200 Brest – France
Tel : +33 298 44 24 51 – Fax : +33 298 46 91 04
Email : info@actimar.fr – Web : www.actimar.fr

ACTIMAR
Au service de la mer



Approbation

Rédaction	Validation
Christelle HERRY	Solene Le Gac
11/10/2018	11/10/2018

Liste de diffusion

Destinataire	Organisme
Sophie Collet	Lannion-Trégor Communauté

Suivi des modifications

Version	Modifications	Rédacteurs	Date
V.1.0	Création	Christelle HERRY	18/09/2018
V1.1	Ajout des derniers scénarios	Christelle HERRY	11/10/2018

Sommaire

1. INTRODUCTION	9
2. CONDITIONS METEO-OCEANIQUES	10
2.1 CONDITIONS DE VENT	10
2.2 CONDITIONS OCEANIQUES	13
2.2.1 Marée	13
2.2.2 Courant	14
3. PRESENTATION DU MODELE HYDRODYNAMIQUE	15
3.1 LE LOGICIEL SEAMER	15
3.1.1 Emprise et bathymétrie du modèle d'étude.....	16
3.1.2 Conditions aux limites	17
3.2 CALIBRATION DU MODELE D'ETUDE	17
3.2.1 Validation des niveaux	18
3.2.2 Analyse qualitative des courants	21
4. CONDITIONS DE SIMULATION	25
4.1.1 conditions météo océaniques	25
4.1.2 Caractérisation du rejet	26
4.1.3 Conditions de mortalité des bactéries.....	27
4.1.4 Synthèse des scénarios	28
5. RESULTATS	29
5.1 CONCENTRATIONS INSTANTANÉES	30
5.2 CONCENTRATIONS MAXIMALES.....	33
5.3 EVOLUTION DE LA CONCENTRATION AU NIVEAU DES ZONES DE BAINADES.....	40

5.3.1	Mode de suivi.....	40
5.3.2	Résultats.....	41

6.	CONCLUSION.....	44
-----------	------------------------	-----------

Liste des illustrations

Figure 1-1 : Présentation de la zone d'étude (rejet de la station en jaune ; zones de baignades et conchylicoles (points REMI en bleu clair)).....	9
Figure 2-1 : Distributions de la vitesse et de la direction du vent au large de l'île Grande (CFSR)	11
Figure 2-2 : Statistiques sur la vitesse du vent au large de l'île Grande (CFSR).....	12
Figure 2-3 : Niveaux de référence à Ploumanac'h et Trébeurden (source : SHOM - RAM 2017)	13
Figure 2-4 : Vitesse maximale des courants de vive-eau moyenne (Source : SHOM ; data.shom.fr)	14
Figure 3-1 : Emprise et bathymétrie du modèle d'étude	16
Figure 3-2. : Imbrication des modèles dans le processus gigogne	17
Figure 3-3 : Evolution des niveaux d'eau calculés par le modèle SEAMER et prédits par le SHOM à Trébeurden au mois de Juillet 2017	19
Figure 3-4 : Evolution des niveaux d'eau calculés par le modèle SEAMER et prédits par le SHOM à Ploumanac'h au mois de Juillet 2017	20
Figure 3-5 : Comparaison des niveaux d'eau calculés par le modèle SEAMER et prédits par le SHOM à Trébeurden et Ploumanac'h au mois de Juillet 2017	21
Figure 3-6 : Carte de vitesses maximales du courant de vive-eau aux abords de l'île Grande.	21
Figure 3-7 : Cartes du courant modélisé au flot (haut) et à pleine mer (bas), évolution du niveau d'eau aux abords de l'île Grande.....	23
Figure 3-8 : Cartes du courant modélisé au jusant (haut) et à basse mer (bas), évolution du niveau d'eau aux abords de l'île Grande.....	24
Figure 4-1 : Position du point de rejet	26
Figure 4-2 : Relations entre la profondeur, la turbidité, l'intensité lumineuse et les T90	27
Figure 5-1 : Panache à pleine mer en période de morte-eau pour un rejet de référence (gauche) et un rejet dégradé (droite) (Scénarios 1 et 5)	31
Figure 5-2 : Panache à marée descendante en période de morte-eau pour un rejet de référence (gauche) et un rejet dégradé (droite) (Scénarios 1 et 5)	31
Figure 5-3 : Panache à marée basse en période de morte-eau pour un rejet de référence (gauche) et un rejet dégradé (droite) (Scénarios 1 et 5)	32

Figure 5-4 : Panache à marée montante en période de morte-eau pour un rejet de référence (gauche) et un rejet dégradé (droite) (Scénarios 1 et 5)	32
Figure 5-5 : Cartes de concentrations maximales pour les scénarios (1 et 3) réalisés avec le débit (280 m³/jour) et la concentration (10³ E.Coli/100ml) de référence en marée de morte-eau (T90=24h en haut, T90= 48h en bas).....	34
Figure 5-6 : Cartes de concentrations maximales pour les scénarios (2 et 4) réalisés avec le débit (280 m³/jour) et la concentration (10³ E.Coli/100ml) de référence en marée de vive-eau (T90=24h en haut, T90= 48h en bas).....	35
Figure 5-7 : Cartes de concentrations maximales pour les scénarios (5 et 7) réalisés avec le débit de référence (280 m³/jour) et une concentration dégradée (10⁵ E.Coli/100ml) en marée de morte-eau (T90=24h en haut, T90= 48h en bas)	36
Figure 5-8 : Cartes de concentrations maximales pour les scénarios (6 et 8) réalisés avec le débit de référence (280 m³/jour) et une concentration dégradée (10⁵ E.Coli/100ml) en marée de vive-eau (T90=24h en haut, T90= 48h en bas)	37
Figure 5-9 : Cartes de concentrations maximales pour les scénarios (9 et 11) réalisés avec le débit maximal (600 m³/jour) et la concentration de référence (10³ E.Coli/100ml) en marée de morte-eau (vent d'OSO en haut, vent d'ENE en bas)	38
Figure 5-10 : Cartes de concentrations maximales pour les scénarios (10 et 12) réalisés avec le débit maximal (600 m³/jour) et la concentration de référence (10³ E.Coli/100ml) en marée de vive-eau (vent d'OSO en haut, vent d'ENE en bas)	39
Figure 5-11 : Points et zones de suivi des concentrations	40
Figure 5-12 : Evolution des concentrations au niveau de la plage de Pors Gwen (marée de ME en haut, VE en bas)	42
Figure 5-13 : Evolution des concentrations au niveau de la plage de Pors Gelen (marée de ME en haut, VE en bas)	43

Liste des tableaux

Tableau 4-1 : Scénarios.....28

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de mise en conformité de la station de traitement des eaux usées de l'île Grande, un nouveau dossier loi sur l'eau doit être déposé auprès de la DDTM 22 en décembre 2018.

Il apparaît nécessaire d'intégrer dans cette démarche la question de l'impact des effluents rejetés en mer sur la qualité des eaux littorales. C'est pourquoi, Lannion-Trégor Communauté a sollicité ACTIMAR pour réaliser une mise à jour de l'étude de courantologie et de dispersion réalisée en 2004 par le bureau d'études Seamer.

La présente étude a donc pour objectif d'évaluer la dispersion du rejet de la STEP dans différentes conditions météo-océaniques à l'aide d'un modèle hydrodynamique.

La modélisation s'appuie sur un modèle mis en place à l'aide du code Seamer. Les caractéristiques de ce modèle sont données au paragraphe 3.

En se basant sur l'étude des conditions météo-océaniques (paragraphe 2) et des rejets dans la zone, des scénarios de modélisation sont choisis (paragraphe 4). Les résultats des simulations sont ensuite détaillés et analysés (paragraphe 5).



Figure 1-1 : Présentation de la zone d'étude (rejet de la station en jaune ; zones de baignades et conchylicoles (points REMI en bleu clair))

2. CONDITIONS METEO-OCEANIQUES

Ce chapitre présente les conditions météorologiques (vent et océaniques (marée et courant) sur la zone d'étude.

2.1 CONDITIONS DE VENT

La Figure 2-1 fournit les distributions de la vitesse et de la direction des vents ainsi que la rose des vents au large de l'île Grande. La Figure 2-2 fournit les statistiques mensuelles de vitesse.

Les vents au large proviennent principalement des secteurs Sud-Sud-Ouest à Ouest d'une part et Est-Nord-Est d'autre part. Les vents d'ENE sont surtout dominants au printemps. La vitesse moyenne mensuelle du vent évolue entre 5.5 m/s en été et 9 m/s en hiver.

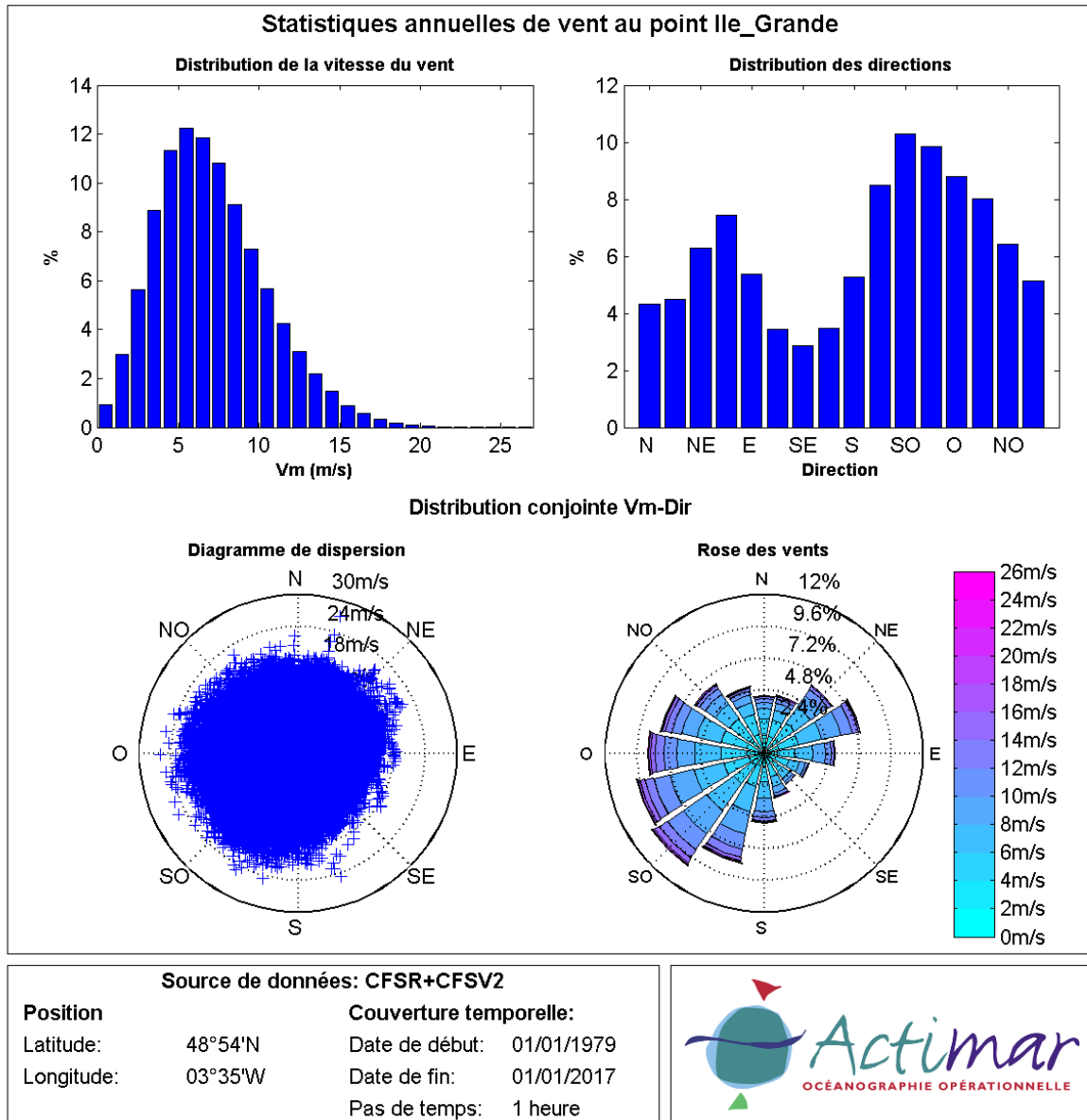
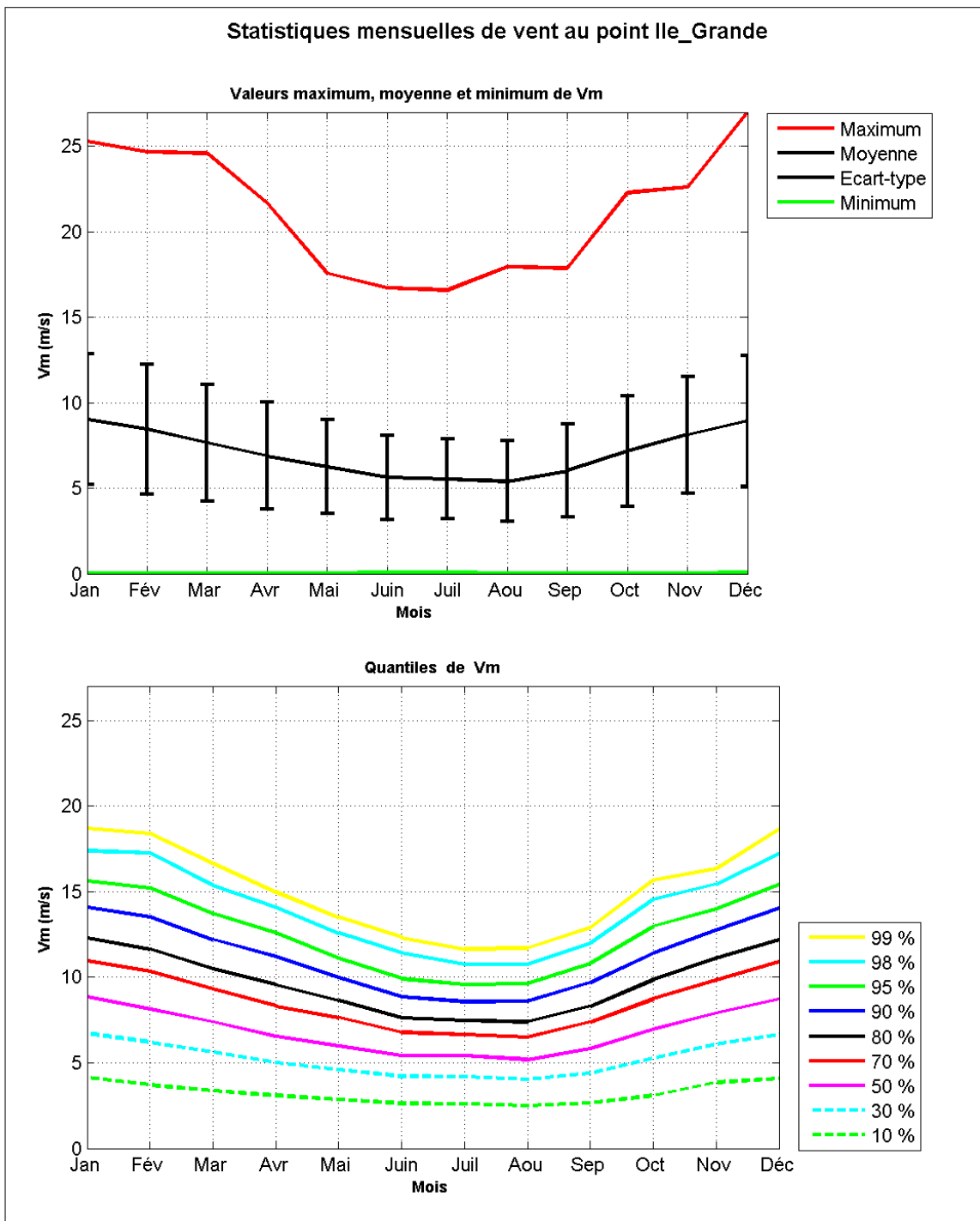


Figure 2-1 : Distributions de la vitesse et de la direction du vent au large de l'île Grande (CFSR)




Source de données: CFSR+CFSV2		
Position	Couverture temporelle:	
Latitude: 48°54'N	Date de début: 01/01/1979	
Longitude: 03°35'W	Date de fin: 01/01/2017	
	Pas de temps: 1 heure	

Figure 2-2 : Statistiques sur la vitesse du vent au large de l'île Grande (CFSR)

2.2 CONDITIONS OCEANIQUES

2.2.1 MAREE

La marée sur la zone d'étude est de type macro-tidal (forte amplitude) et semi-diurne. Le niveau moyen aux ports les plus proches (Ploumanac'h et Trébeurden) est de ~5.5 m par rapport au zéro hydrographique. Le marnage est de l'ordre de 7.9 m en vive-eau moyenne et de 3.85 m en morte-eau moyenne. (Données SHOM, Références Altimétriques Maritimes, 2017).

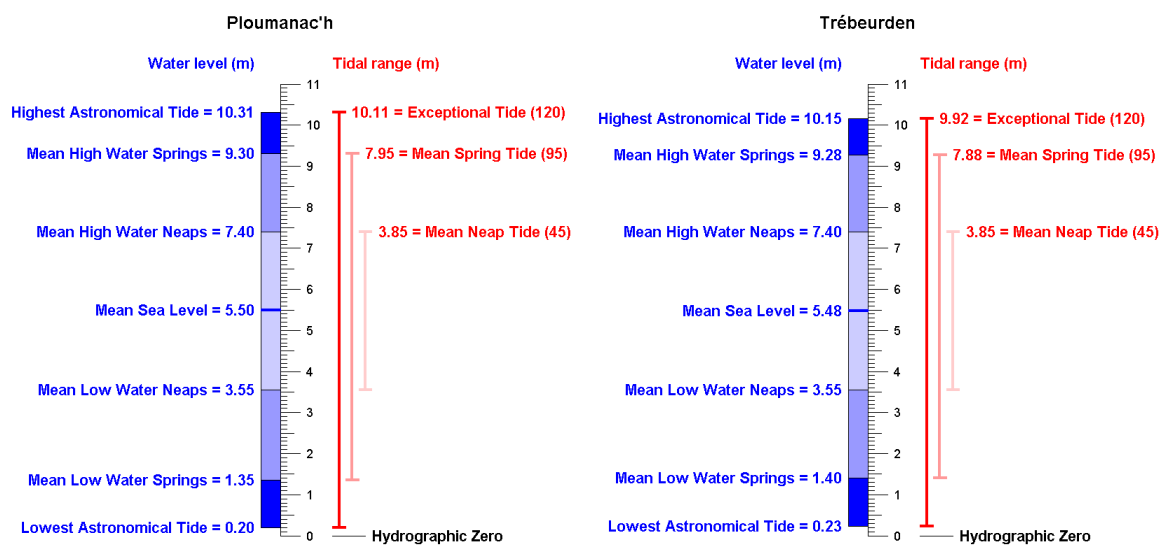


Figure 2-3 : Niveaux de référence à Ploumanac'h et Trébeurden (source : SHOM - RAM 2017)

2.2.2 COURANT

Les courants au large sont alternatifs. Suivant la ligne générale de la côte, ils portent vers le Nord-Nord-Est à l'Ouest de l'île Grande et vers le Nord-Est au Nord de l'île pendant le flot. Au jusant, ils portent vers le Sud-Sud-Ouest à l'Ouest de l'île et vers le Sud Ouest au Nord de l'île.

La Figure 2-4 donne, à titre indicatif, les courants de marée de vive-eau moyenne estimés par le SHOM dans la zone. Aux abords de l'île Grande, les courants sont maximaux entre l'île Grande et l'île d'Aganton à l'Ouest et entre l'île Grande et l'île Aval à l'Est. Dans ces deux passes, ils dépassent localement 3 nœuds par vive-eau.

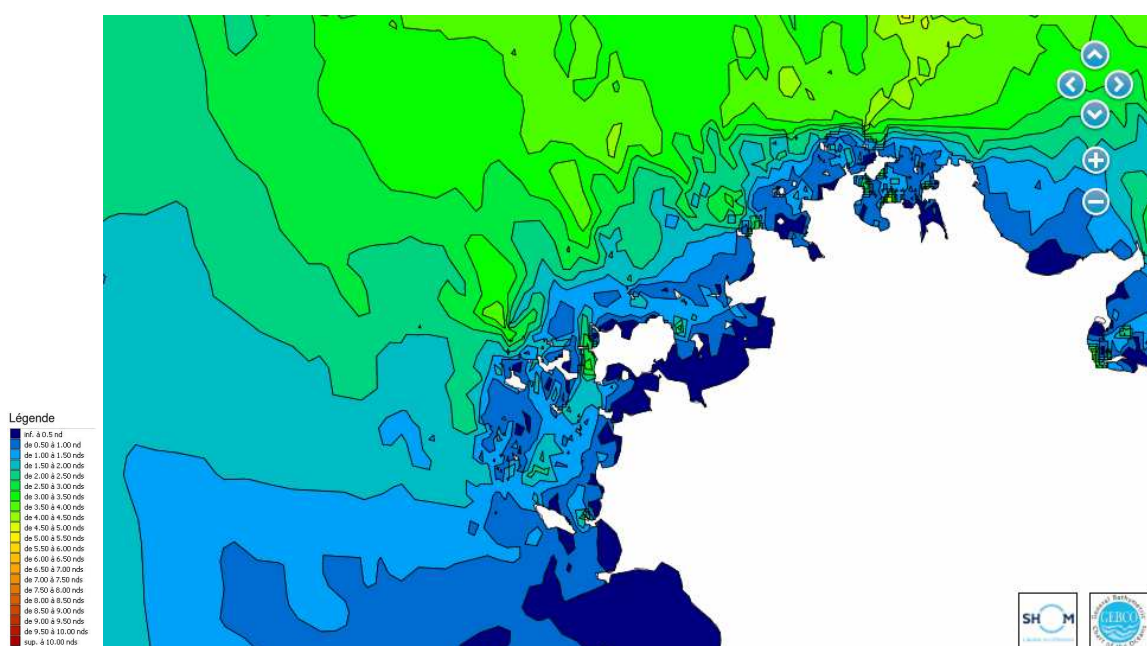


Figure 2-4 : Vitesse maximale des courants de vive-eau moyenne (Source : SHOM ; data.shom.fr)

3. PRESENTATION DU MODELE HYDRODYNAMIQUE

Le principe de cette modélisation est de reproduire (simuler) les mécanismes qui régissent les teneurs en germes bactériens (d'origine humaine) dans les eaux de baignade, soit la production bactérienne, son émission en mer et les courants marins qui vont diluer et transporter ces rejets.

3.1 LE LOGICIEL SEAMER

Le logiciel SEAMER 2D est utilisé pour la présente étude.

Développé initialement au sein des équipes universitaires dédiées à l'océanographie (Brest et Marseille), puis par IFREMER (durant une quinzaine d'années) et enfin par les sociétés SEAMER puis Actimar, il synthétise un savoir-faire considérable.

Le module hydrodynamique de SEAMER résout par différences finies les équations générales de l'hydrodynamique, il simule les courants (vitesse et direction), la température, la salinité et le niveau de la surface libre sous l'action de la marée, du vent, de la pression atmosphérique, de la houle, des apports d'eau douce. Il permet d'associer une solution homogène, une grande finesse spatiale (Haute Définition) et la prise en compte simultanée de tous les mécanismes physiques.

Le module de calcul du transport de SEAMER est intégré au calcul hydrodynamique, assurant une totale "conservativité".

Dans le cas des substances particulières, le calcul simule les phénomènes de dépôt et d'érosion et leur effet sur les teneurs dans la masse d'eau et l'accumulation dans les sédiments.

Pour la microbiologie (germes bactériens), le modèle ajoute aux lois de transport physique, une expression de la mortalité des germes, exprimée par une loi de décroissance linéaire qui fait intervenir le coefficient dénommé T90 (durée nécessaire pour la disparition par mortalité de 90% des organismes).

3.1.1 EMPRISE ET BATHYMETRIE DU MODELE D'ETUDE

L'emprise du modèle **SEAMER 2D** est définie assez vaste afin de prendre en compte toutes les sources qui peuvent produire une contamination des eaux de baignade.

Le domaine de calcul est représenté par un réseau régulier (maillage) fin et homogène au pas de **25 mètres**. L'emprise du modèle est donnée à la Figure 3-1. Les limites géographiques exactes du domaine de calcul sont les suivantes (en WGS84) :

- Nord : 48° 51' 34.44" N
- Sud : 48° 45' 30.91" N
- Est : 3° 30' 48.36" O
- Ouest : 3° 38' 4.48" O

La bathymétrie du modèle a été obtenue à l'aide des données du SHOM disponibles sur la zone, ainsi que des données lidar RGE-ALTI diffusées par l'IGN et qui couvrent tout l'estran de part et d'autre de l'île Grande. Les données acquises en 2005 en baie de Kéryvon n'ont pas été exploitées car cette zone découvrante est couverte par les données RGE-ALTI.

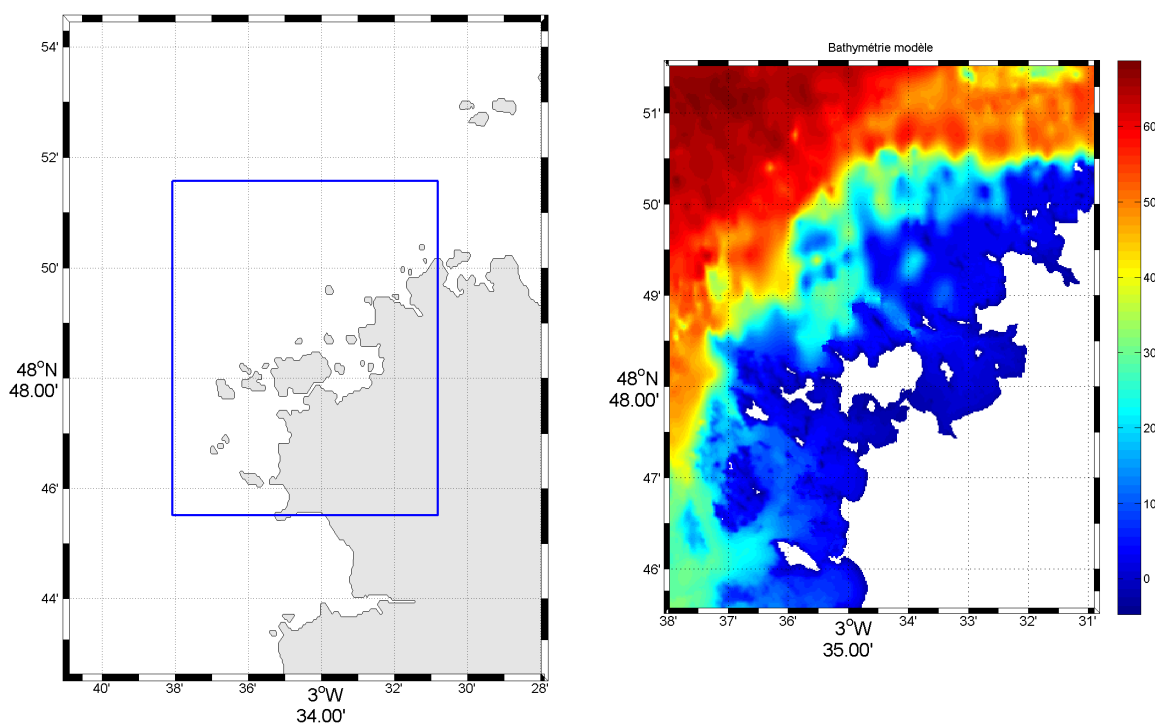


Figure 3-1 : Emprise et bathymétrie du modèle d'étude

3.1.2 CONDITIONS AUX LIMITES

La modélisation des courants en mer sur un domaine restreint requiert de connaître les conditions de courant et de niveau aux frontières maritimes. Elles sont obtenues à l'aide de la **méthode des modèles gigognes** : des loupes successives sont effectuées dans un **modèle d'emprise régionale**, jusqu'à atteindre la résolution et l'emprise souhaitée pour cette étude.

Les conditions aux limites (hauteur d'eau) du modèle de plus grande emprise (rang 0) sont déterminées à l'aide d'une composition harmonique de la marée utilisant les constantes données par l'atlas de composantes harmoniques **PREVIMER**. Cet atlas a été réalisé par analyse harmonique des résultats d'un modèle MARS 2D couvrant l'Ouest de la Manche avec une résolution de 250 m.

Les emprises des modèles de rang 0 à 2 sont représentées à la Figure 3-2.

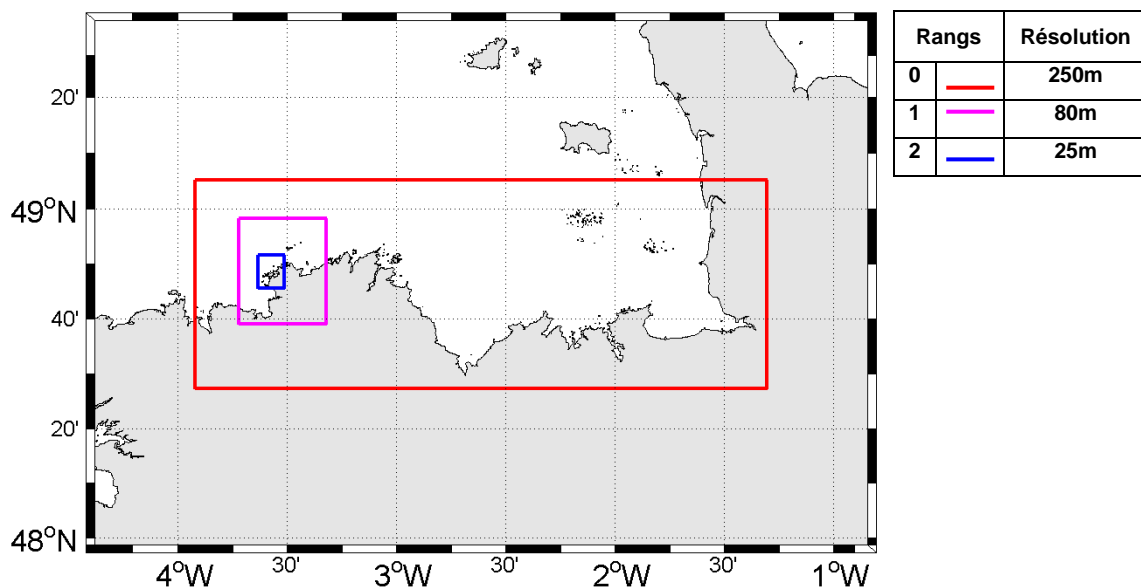


Figure 3-2. : Imbrication des modèles dans le processus gigogne

3.2 CALIBRATION DU MODELE D'ETUDE

Préalablement à son utilisation, le modèle a été confronté aux données disponibles pour évaluer sa capacité à représenter les hauteurs d'eau et les courants dans la zone :

- Les hauteurs d'eau calculées par le modèle ont été comparées aux niveaux de marée prédits par le SHOM.
- En l'absence de mesures, les courants calculés par le modèle ont été analysés qualitativement.

3.2.1 VALIDATION DES NIVEAUX

Une simulation a été réalisée, en conditions de marée seule, sur le mois de juillet 2017 pour balayer un cycle vive-eau/morte-eau complet. Les résultats du modèle pendant ce mois ont été comparés aux niveaux d'eau du SHOM aux ports les plus proches de l'île Grande : Trébeurden Ploumanac'h (Source : <http://maree.shom.fr/>). Étant donné que ces ports sont situés hors de l'emprise du rang de détail, les comparaisons ont été réalisées dans le rang 1 (à 80 m).

La Figure 3-3 et Figure 3-4 présentent les séries temporelles de hauteur d'eau modélisées et prédites, sur la totalité du mois (en haut) et sur un cycle de morte-eau moyenne (en bas à gauche) et de vive-eau moyenne (en bas à droite) à Trébeurden et Ploumanac'h. Le modèle reproduit bien le cycle de marée. Il a une légère tendance à sous-estimer le marnage en période de morte-eau (en particulier à Trébeurden) et à le surestimer en vive-eau. Les diagrammes de dispersion, donnés à la Figure 3-5, soulignent une très bonne cohérence entre les deux estimations : le coefficient de corrélation est de 0.99, le biais est d'environ 5 cm et l'erreur quadratique moyenne est de l'ordre de 25 cm. Le modèle reproduit donc de façon satisfaisante les niveaux.

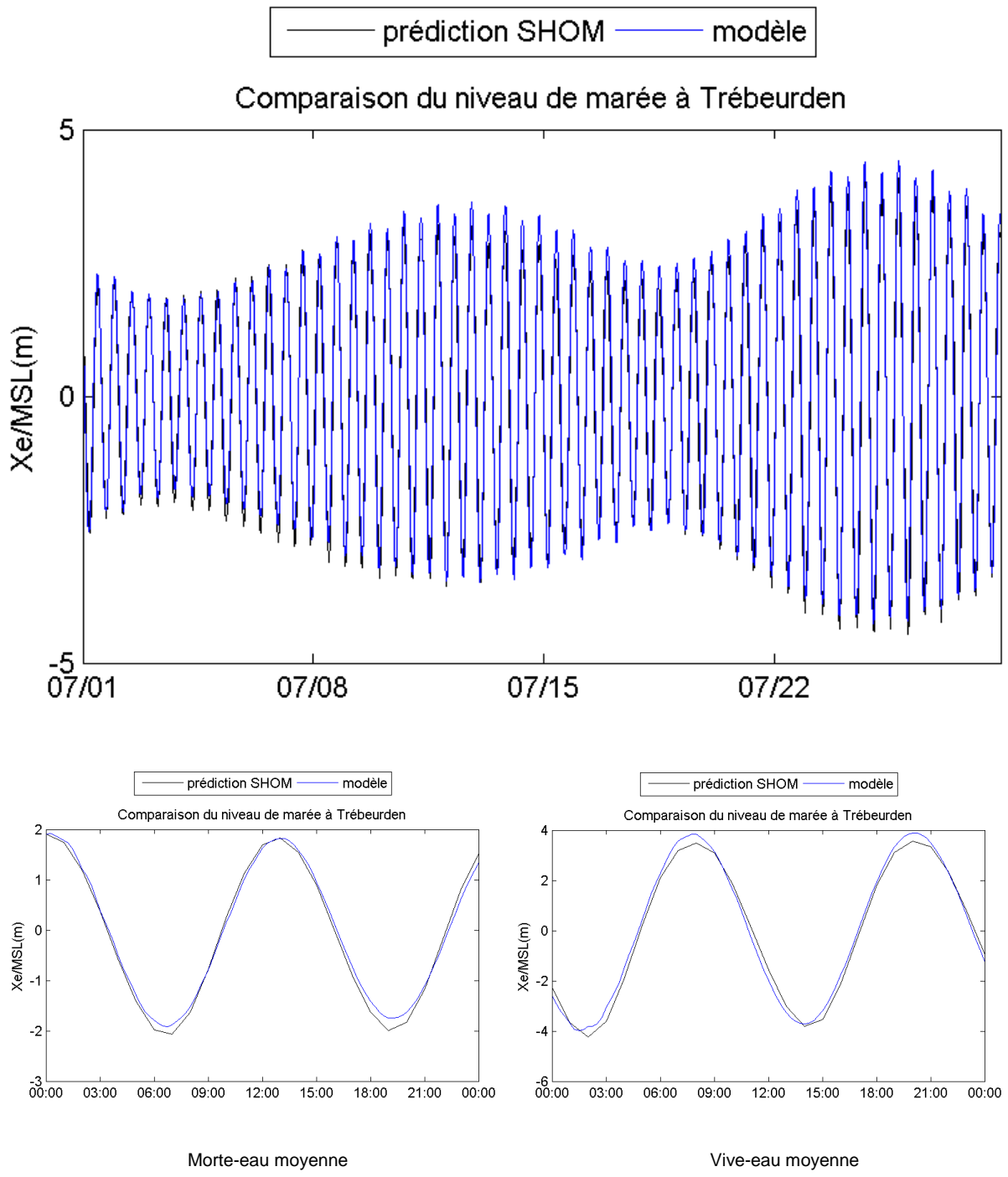


Figure 3-3 : Evolution des niveaux d'eau calculés par le modèle SEAMER et prédits par le SHOM à Trébeurden au mois de Juillet 2017

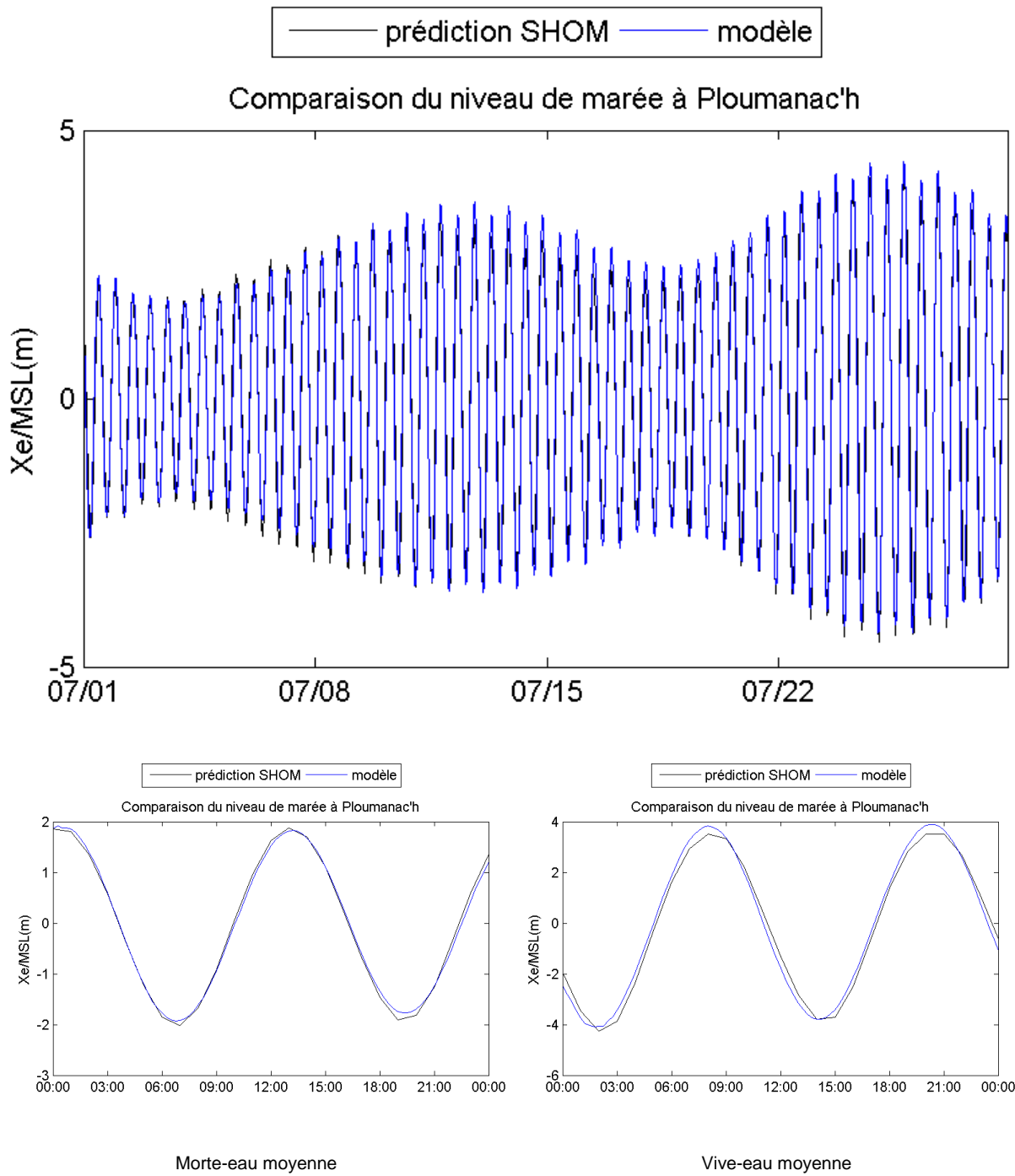


Figure 3-4 : Evolution des niveaux d'eau calculés par le modèle SEAMER et prédits par le SHOM à Ploumanac'h au mois de Juillet 2017

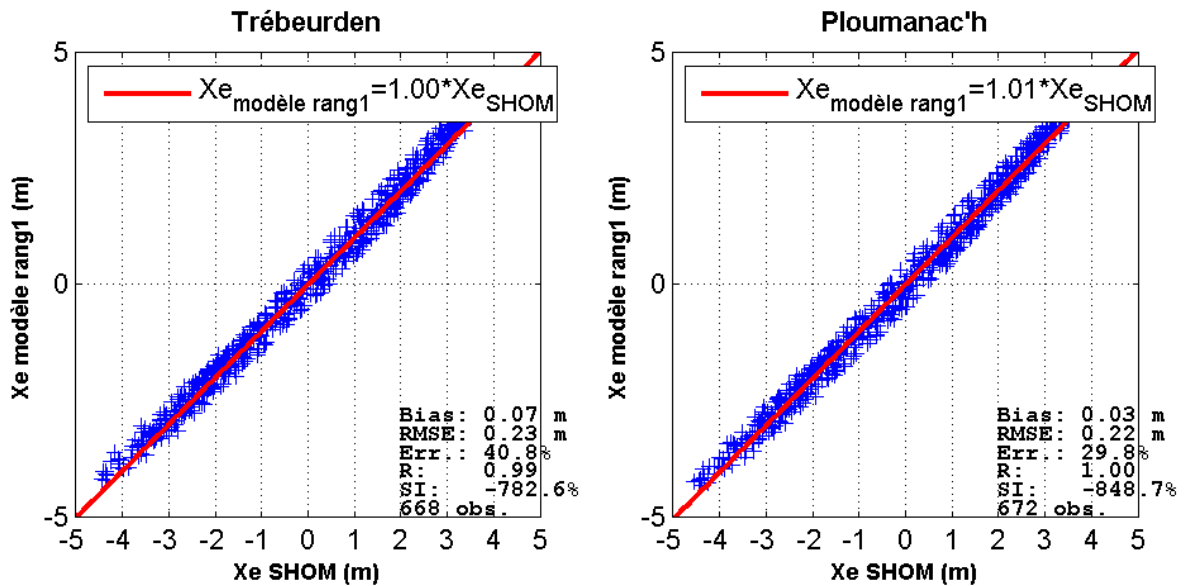


Figure 3-5 : Comparaison des niveaux d'eau calculés par le modèle SEAMER et prédits par le SHOM à Trébeurden et Ploumanac'h au mois de Juillet 2017

3.2.2 ANALYSE QUALITATIVE DES COURANTS

Courant maximum

La Figure 3-6 représente la carte de vitesses maximales du courant calculées sur un cycle de vive-eau. Les vitesses maximales calculées par le modèle sont cohérentes avec les atlas de courants du SHOM (voir Figure 2-4).

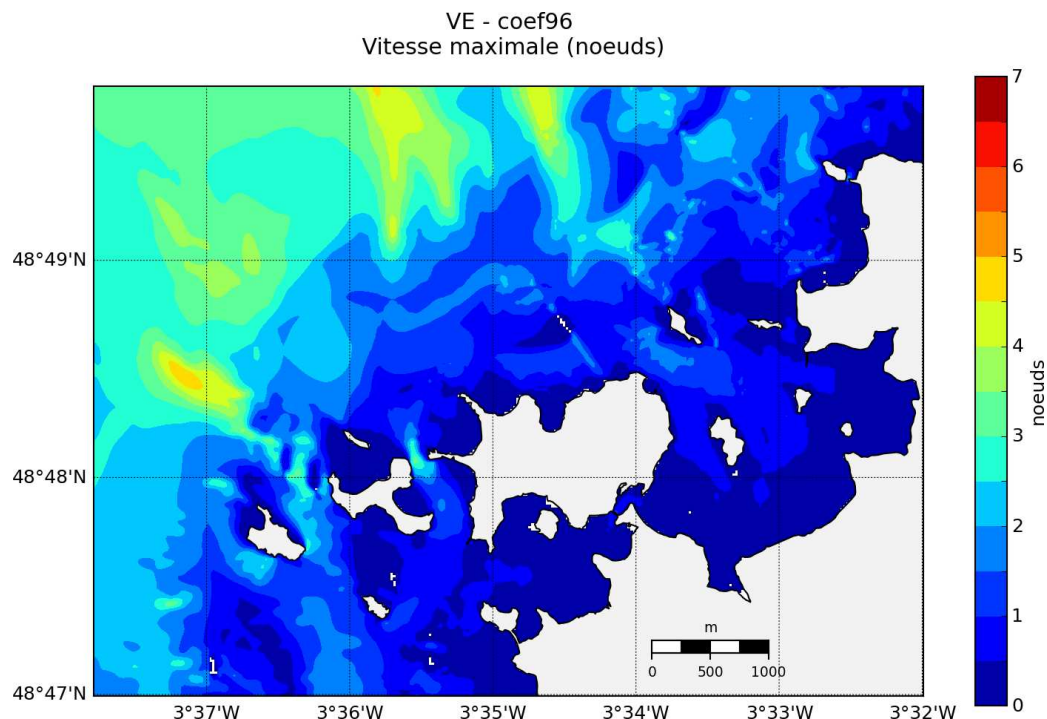


Figure 3-6 : Carte de vitesses maximales du courant de vive-eau aux abords de l'île Grande.

Evolution sur un cycle de marée

Les figures suivantes montrent l'évolution du courant dans le modèle au cours d'un cycle de marée de vive-eau (coefficient 90):

- Au flot, les courants au large sont orientés vers le Nord (à l'ouest de l'île Grande) et l'Est (au Nord). Ils dépassent localement 1.5 m/s. A la côte, ils sont significativement plus faibles. Le courant entrant en baie de Kéryvon atteint tout de même 1 m/s dans la passe entre l'île Grande et l'île Morvil.
- A Pleine mer, les courants au large sont toujours orientés vers le Nord à Nord-Est et peuvent atteindre 1.5 m/s. Les vitesses des courants sont beaucoup plus faibles à proximité de la côte. Ils s'orientent vers l'Ouest le long de la côte Nord de l'île Grande.
- Au jusant, les courants au large s'orientent vers le Sud-Ouest et dépassent toujours 1m/s (jusqu'à 1.5 m/s localement). Le courant de vidange de la Baie de Kéryvon porte vers le Nord et est maximal dans la passe entre l'île Grande et l'île Morvil.
- A Basse Mer, la baie de Kéryvon est entièrement découverte. Les courants sont faibles.

Les courants simulés sont cohérents avec les traits principaux fournis par les atlas de courants du SHOM ainsi qu'avec les résultats de l'étude de courantologie de 2005.

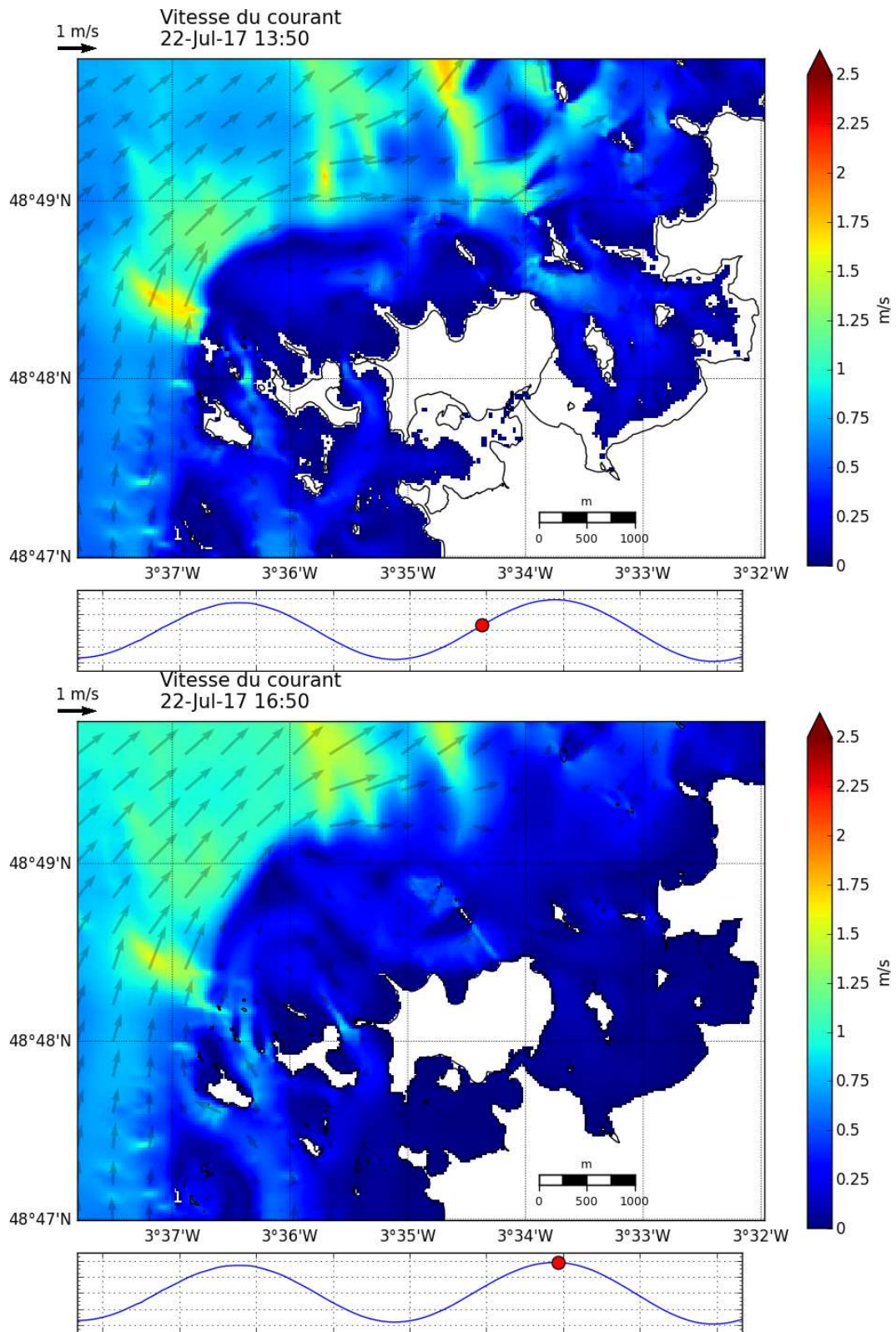


Figure 3-7 : Cartes du courant modélisé au flot (haut) et à pleine mer (bas), évolution du niveau d'eau aux abords de l'île Grande.

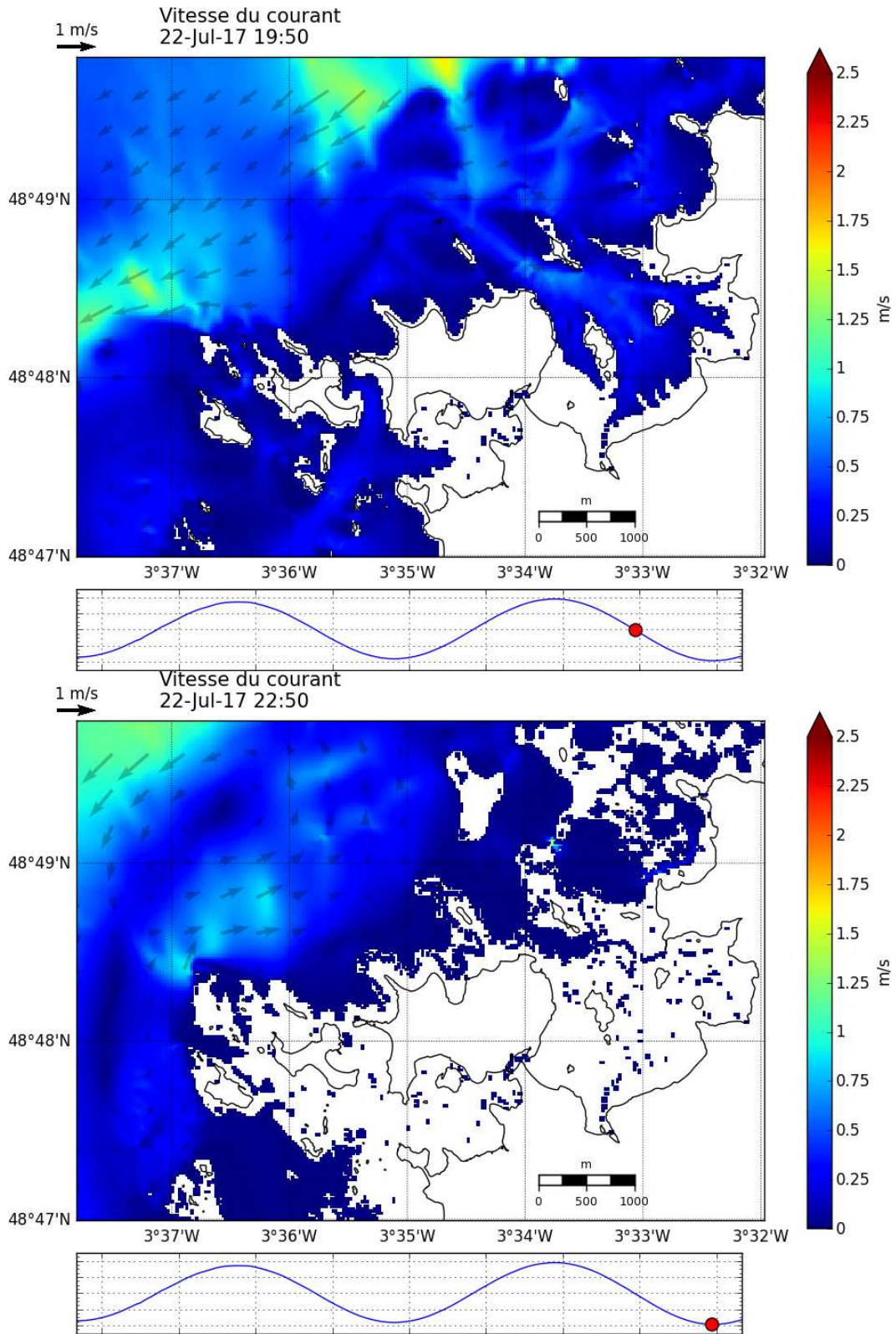


Figure 3-8 : Cartes du courant modélisé au jusant (haut) et à basse mer (bas), évolution du niveau d'eau aux abords de l'île Grande.

4. CONDITIONS DE SIMULATION

La dispersion en mer de différents rejets et l'effet de ces rejets sur la qualité sanitaire des eaux dépendent en réalité de nombreux facteurs, eux-mêmes variables dans le temps et l'espace.

Dans le cas d'une étude de risque, on modélise la dispersion des rejets dans des situations courantes ou exceptionnelles. Ces situations caractéristiques ou scénarios sont définies par les principaux facteurs agissants, soit la marée et le vent - qui règlent la circulation des masses d'eau - et les charges bactériennes émises en mer.

Un scénario d'étude correspond donc à une combinaison de choix sur :

- Les conditions météo-océaniques : marée, vent.
- Les conditions de rejet : nombre, position, débit et concentration en bactérie.
- Les conditions de mortalité bactérienne : facteur T90

4.1.1 CONDITIONS METEO OCEANIQUES

La dispersion des rejets en mer est simulée pour deux conditions de marée sur des périodes de 5 jours :

- marée de mortes-eaux : du 1 au 5 juillet 2017 (coefficients de marée entre 45 et 57)
- marée de vives-eaux : du 22 au 27 juillet 2017 (coefficients de marée entre 85 et 102).

Lorsque le vent est pris en compte dans le modèle, il est considéré uniforme et constant dans le temps. Etant donné les caractéristiques du vent au large (voir paragraphe 2.1), les situations suivantes sont retenues:

- vent d'OSO de 8 m/s correspondant à un vent moyen fréquent ;
- vent d'ENE de 8 m/s correspondant à un vent moyen moins fréquent mais possiblement défavorable ;

4.1.2 CARACTERISATION DU REJET

Seul le rejet de la **station d'épuration de l'île Grande** est pris en compte pour cette étude.

Dans un premier temps, la position retenue pour le rejet est sa **position actuelle**, à la côte aux coordonnées suivantes : 3.584°W – 48.805°N (voir Figure 4-1).

Le rejet de la station (débit et concentration) est considéré **constant pendant toute la durée de la simulation**.

Deux valeurs de concentrations sont prises en compte : **10³ E.Coli/100ml** et **10⁵ E.Coli/100ml** pour représenter respectivement un fonctionnement normal et un fonctionnement dégradé de la station d'épuration.

Le débit de la station est constant. Deux valeurs de débit seront également considérées. Le débit en fonctionnement normal est fixé à **280 m³/jour soit 3.24x10⁻³ m³/s** (ce qui correspond au quantile 95 du débit mesuré en entrée de la station d'épuration entre 01/2016 et 07/2018). Un débit plus important est également considéré pour simuler une condition inhabituelle de rejet maximal de **600 m³/jour soit 6.94x10⁻³ m³/s**.

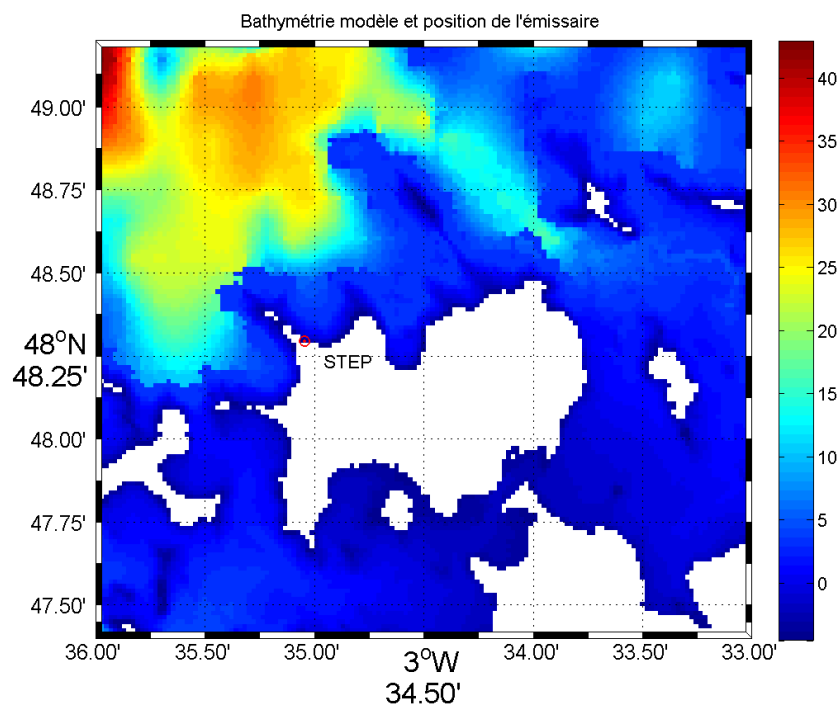


Figure 4-1 : Position du point de rejet

4.1.3 CONDITIONS DE MORTALITE DES BACTERIES

La mortalité des germes est exprimée par une loi de décroissance linéaire qui fait intervenir un coefficient dénommé T90. Le facteur T90 représente la durée nécessaire pour la disparition par mortalité de 90% des organismes.

La mortalité dépend d'un grand nombre de paramètres environnementaux (température, salinité, MES, oxygénation, luminosité), en particulier :

- les radiations solaires,
- la turbidité (la concentration en matière en suspension influe sur la pénétration de la lumière),
- la profondeur.

En prenant en compte ces trois paramètres, on peut estimer les ordres de grandeur du T90¹ à l'aide de l'abaque fournie à la Figure 4-2.

En l'absence de mesures de turbidités dans la zone, nous proposons de retenir les valeurs de T90 suivantes :

- **24 h pour les scénarios d'été,**
- **48 h pour les scénarios d'hiver.**

Ces valeurs sont des valeurs représentatives, plutôt défavorables, dans une anse en faible profondeur et turbidité modérée.

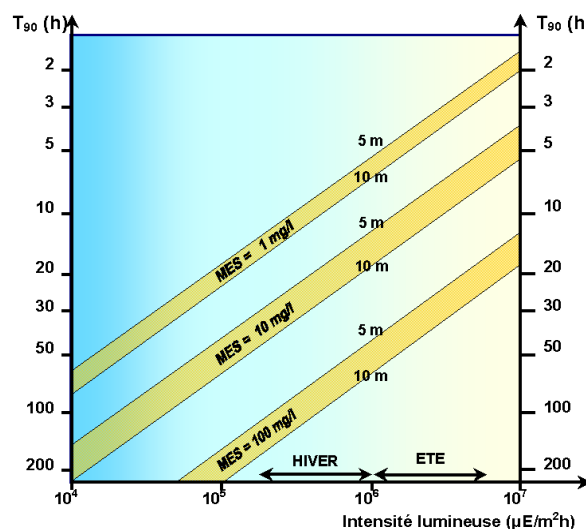


Figure 4-2 : Relations entre la profondeur, la turbidité, l'intensité lumineuse et les T90

¹ J.F. Guillaud, A.Derrien, M. Gourmelon, and M. Pommeypuy (1997) :T90 as a tool for engineers: interest and limits. Wat. Sci. Tech. Vol. 35, No. 11-12, pp. 277-281.

4.1.4 SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS

Les 12 scénarios choisis mettent en oeuvre différentes conditions (de marée, de vent, de T90 et de rejet). Ils sont détaillés dans le Tableau 4-1 :

- Les 2 premiers scénarios constituent la **base des scénarios d'été** (T90=24h). Ils visent à étudier l'effet du coefficient de marée (morte-eau ME, vive-eau VE) dans des conditions de référence (STEP rejetant à la côte à une concentration de 10^3 E.Coli/100ml et en condition de vent fréquente d'OSO).
- Les 2 scénarios suivants sont identiques pour une **situation hivernale** (T90=48h), plus pénalisante. Ils permettent de mettre en évidence l'influence du T90.
- Les scénarios 5 à 8 représentent des conditions de **concentration du rejet de la STEP plus défavorables** : 10^5 E.Coli/100ml. Ils permettent ainsi de mettre en évidence l'influence des flux rejetés par la STEP dans des conditions **fortement dégradées**.
- Les scénarios 9 à 12 représentent des conditions de **débit du rejet de la STEP plus important** : **600 m³/jour** correspondant à un **débit maximal**. La concentration retenue pour ces scénarios est la concentration de référence (10^3 E.Coli/100ml).
- Alors que les scénarios 9 et 10 sont réalisés pour un vent d'OSO comme les scénarios précédents, les scénarios 11 et 12 sont réalisés pour un vent d'ENE. Ceci permet d'identifier **l'influence du vent** sur les panaches en simulant une condition de vent moins fréquente mais potentiellement défavorable.

Tableau 4-1 : Scénarios

	N°	Conditions météo-océaniques		Caractéristiques du rejet de la station			
		marée	vent	T90	Station d'épuration de		
					Position	Débit journalier	Concentration
Influence de la marée	1	ME	8m/s d'OSO	24h	actuelle	280 m ³	10^3 E.Coli/100ml
	2	VE	8m/s d'OSO	24h	actuelle	280 m ³	10^3 E.Coli/100ml
Influence du T90	3	ME	8m/s d'OSO	48h	actuelle	280 m ³	10^3 E.Coli/100ml
	4	VE	8m/s d'OSO	48h	actuelle	280 m ³	10^3 E.Coli/100ml
Influence de la concentration du rejet de la STEP	5	ME	8m/s d'OSO	24h	actuelle	280 m ³	10^5 E.Coli/100ml
	6	VE	8m/s d'OSO	24h	actuelle	280 m ³	10^5 E.Coli/100ml
	7	ME	8m/s d'OSO	48h	actuelle	280 m ³	10^5 E.Coli/100ml
	8	VE	8m/s d'OSO	48h	actuelle	280 m ³	10^5 E.Coli/100ml
Influence du débit du rejet de la STEP	9	ME	8m/s d'OSO	48h	actuelle	600 m ³	10^3 E.Coli/100ml
	10	VE	8m/s d'OSO	48h	actuelle	600 m ³	10^3 E.Coli/100ml
Influence du vent	11	ME	8m/s d'ENE	48h	actuelle	600 m ³	10^3 E.Coli/100ml
	12	VE	8m/s d'ENE	48h	actuelle	600 m ³	10^3 E.Coli/100ml

5. RESULTATS

Les **12 scénarios** réalisés permettent d'estimer l'étendue des panaches dans les **conditions de référence** et dans des **conditions dégradées** de rejet, pour différentes valeurs de la mortalité: T90 de 24h et 48h ; par conditions de morte-eau et de vive-eau ; et pour différentes conditions de vent : vent d'OSO (vent typique) et d'ENE (vent moins fréquent). Quel que soit le scénario, l'émissaire de la station d'épuration est positionné dans **sa situation actuelle, à la côte**.

- Pour les 4 premiers scénarios, la station d'épuration rejette avec **un débit** (280 m³/jour) **et une concentration de référence** (10³ E.Coli/100ml).
- Les scénarios 5 à 12, en revanche, représentent des conditions dégradées de fonctionnement :
 - Les scénarios 5 à 8 représentent des conditions de rejets **particulièrement défavorables** : correspondant à un **fonctionnement dégradé** de la station (une concentration du rejet de 10⁵ E.Coli/100ml).
 - Les scénarios 9 à 12 représentent des conditions de rejets **inhabituelles** : correspondant à un **débit maximal** de la station (600 m³/jour) associé à la **concentration de référence** (10³ E.Coli/100ml).

Les résultats sont analysés à partir des éléments suivants :

- **Carte instantanée** du panache en plusieurs phases de la marée (pleine mer, marée descendante, basse mer, marée montante).
- **Carte de concentration maximale** au cours de la simulation : cette carte permet d'évaluer l'extension maximale du panache
- Graphique **d'évolution temporelle** de la concentration en E.Coli dans les **zones de baignades ou conchylicoles**.

5.1 CONCENTRATIONS INSTANTANÉES

Les cartes de concentrations instantanées sont présentées pour deux scénarios de mort-eau, par vent d'OSO et pour un T90 de 24h. Dans ces conditions, le premier scénario présenté (scénario 1) représente l'évolution du panache d'un rejet de référence ou normal (10^3 E.Coli/100ml) et le second scénario (scénario 5) représente l'évolution du panache d'un rejet dégradé (10^5 E.Coli/100ml). Les figures suivantes montrent l'évolution du panache au cours d'un cycle de marée pour ces deux scénarios.

A marée haute, les panaches sont situés le long de la côte :

- En situation normale, le panache est quasi inexistant, limité aux abords du rejet.
- En situation dégradée, le panache s'étend vers l'Est le long de la côte. Des concentrations significatives (>1 E.Coli/100ml) sont également observées dans l'anse de Pors Gwen.

La marée descendante emporte les panaches vers le large (Nord-Est).

A basse mer, les rejets continuent de couler sur l'estran :

- En situation normale, les concentrations sont significatives uniquement sur l'estran.
- En situation dégradée, le panache s'étend, toujours vers le NO.

Puis, la marée montante ramène les panaches (en situation dégradée) vers la côte et dans l'anse du rejet.

On peut donc retenir que :

- En **situation normale**, la zone où les concentrations sont significatives (>1 E.Coli/100ml) est très peu étendue. **L'impact de la station d'épuration est limité à une zone proche du rejet.**
- En **situation dégradée**, le panache s'étend au Nord de l'île Grande et **peut atteindre certaines plages.**

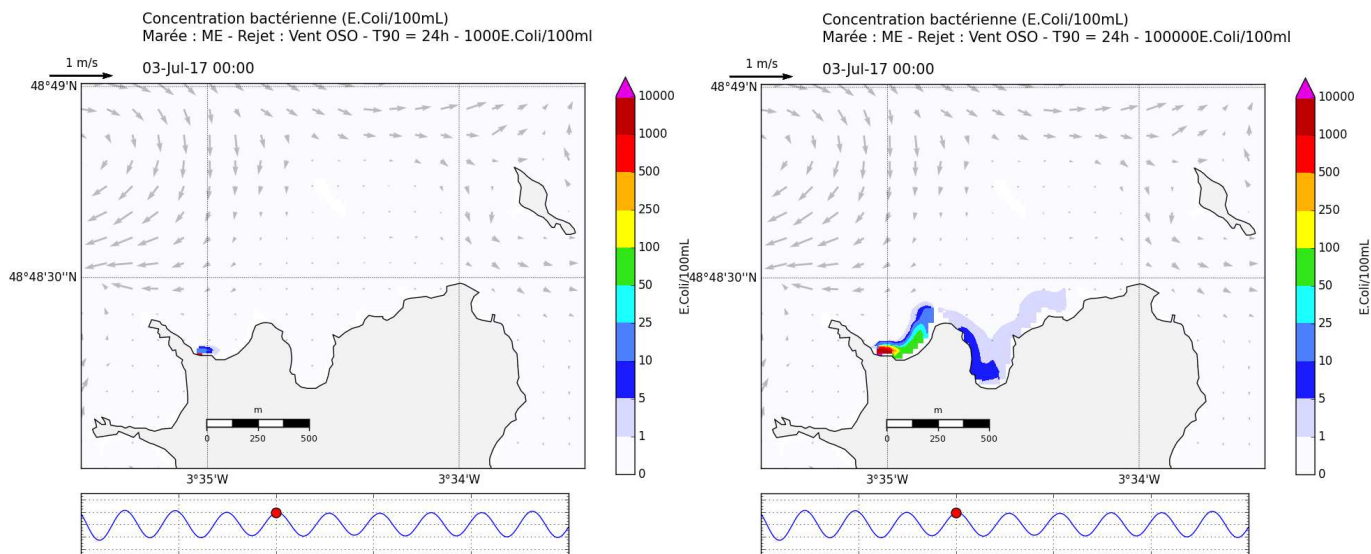


Figure 5-1 : Panache à pleine mer en période de morte-eau pour un rejet de référence (gauche) et un rejet dégradé (droite) (Scénarios 1 et 5)

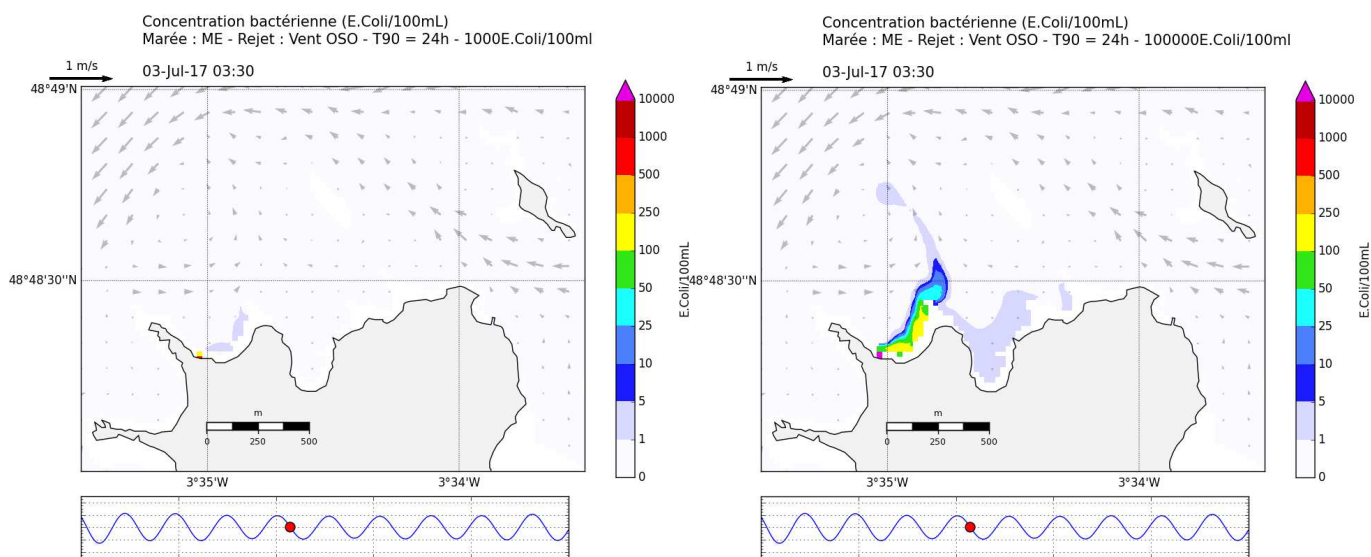


Figure 5-2 : Panache à marée descendante en période de morte-eau pour un rejet de référence (gauche) et un rejet dégradé (droite) (Scénarios 1 et 5)

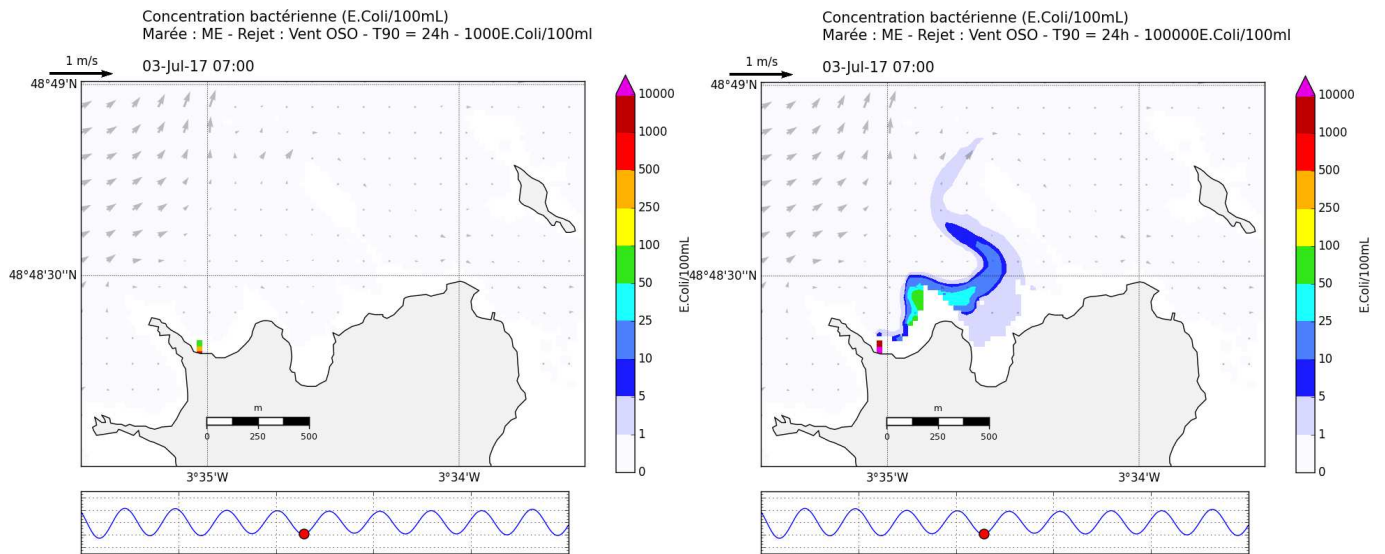


Figure 5-3 : Panache à marée basse en période de morte-eau pour un rejet de référence (gauche) et un rejet dégradé (droite) (Scénarios 1 et 5)

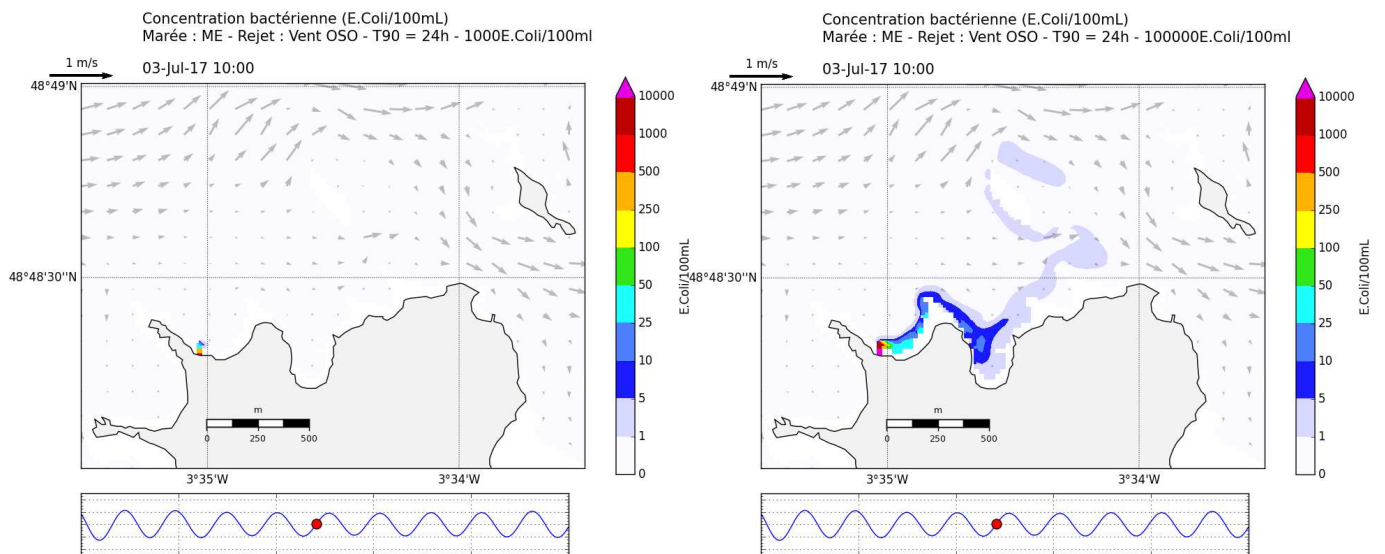


Figure 5-4 : Panache à marée montante en période de morte-eau pour un rejet de référence (gauche) et un rejet dégradé (droite) (Scénarios 1 et 5)

5.2 CONCENTRATIONS MAXIMALES

Les figures ci-dessous présentent les cartes de concentrations maximales obtenues pour l'ensemble des scénarios. Sur les cartes, les polygones bleu clair représentent l'étendue des zones conchylicoles de Landrellec à l'Est et de Goas Treiz à l'Ouest.

- En **situation normale** (rejet à 10^3 E.Coli/100ml), la concentration atteint les seuils réglementaires (250 E.Coli/100ml) uniquement sur **quelques mailles au voisinage du rejet**. C'est notamment le cas sur l'estran à marée basse. La zone où les concentrations sont significatives (> 1 E.Coli/100ml) est également limitée, elle s'étend vers le Nord sur environ 400 m et vers l'Est jusqu'à 250 m environ du rejet (avec de légères variations en fonction de la marée et du T90). **Le panache (> 1 E.Coli/100ml) n'atteint pas les plages voisines ni les zones conchylicoles.**
- En **situation dégradée** (rejet à 10^5 E.Coli/100ml), la concentration atteint les seuils réglementaires (250 E.Coli/100ml) sur une bande, longue de 200 m à 350 m (selon les scénarios), dirigée globalement vers le Nord-Est. La marée de ME accentue le déplacement du panache vers l'Est (sous l'effet du vent). La marée de VE favorise son expansion vers le Nord. On constate également que, par marée de VE, le panache atteint d'avantage la plage de Pors Gwen (où les concentrations de VE peuvent dépasser 25 E.Coli/100ml). La zone où les concentrations sont significatives (>1 E.Coli/100ml) s'étend tout le long de la côte Nord de l'île, voir jusqu'à sa côte Est (notamment pour T90=48h) et en particulier la plage de Pors Gelen. Par marée de ME et pour un T90 de 48h, elle atteint également l'extrême Ouest de la zone conchylicole de Landrellec avec des concentrations inférieures à 5 E.Coli/100ml.
- En **situation de débit de rejet maximal** ($600 \text{ m}^3/\text{jour}$), comme en situation normale, les seuils réglementaires (250 E.Coli/100ml) sont atteints sur une zone très restreinte **au voisinage du rejet**. La zone où les concentrations sont significatives (> 1 E.Coli/100ml) est légèrement plus étendue qu'en condition normale. Elle s'étend toujours vers le Nord sur environ 400 m à 450 m. Par vent d'OSO (scénarios 9 et 10) elle s'étend vers l'Est jusqu'à environ 500 m, au large de la baie de Pors Gwen. Par vent d'ENE (scénarios 11 et 12), au contraire, le panache est repoussé vers la pointe de Toul-Ar-Staon à l'Ouest. La zone où les concentrations sont significatives s'étend, dans cette direction, sur 350 m à 400 m. **Le panache (> 1 E.Coli/100ml) n'atteint pas les plages voisines ni les zones conchylicoles.**

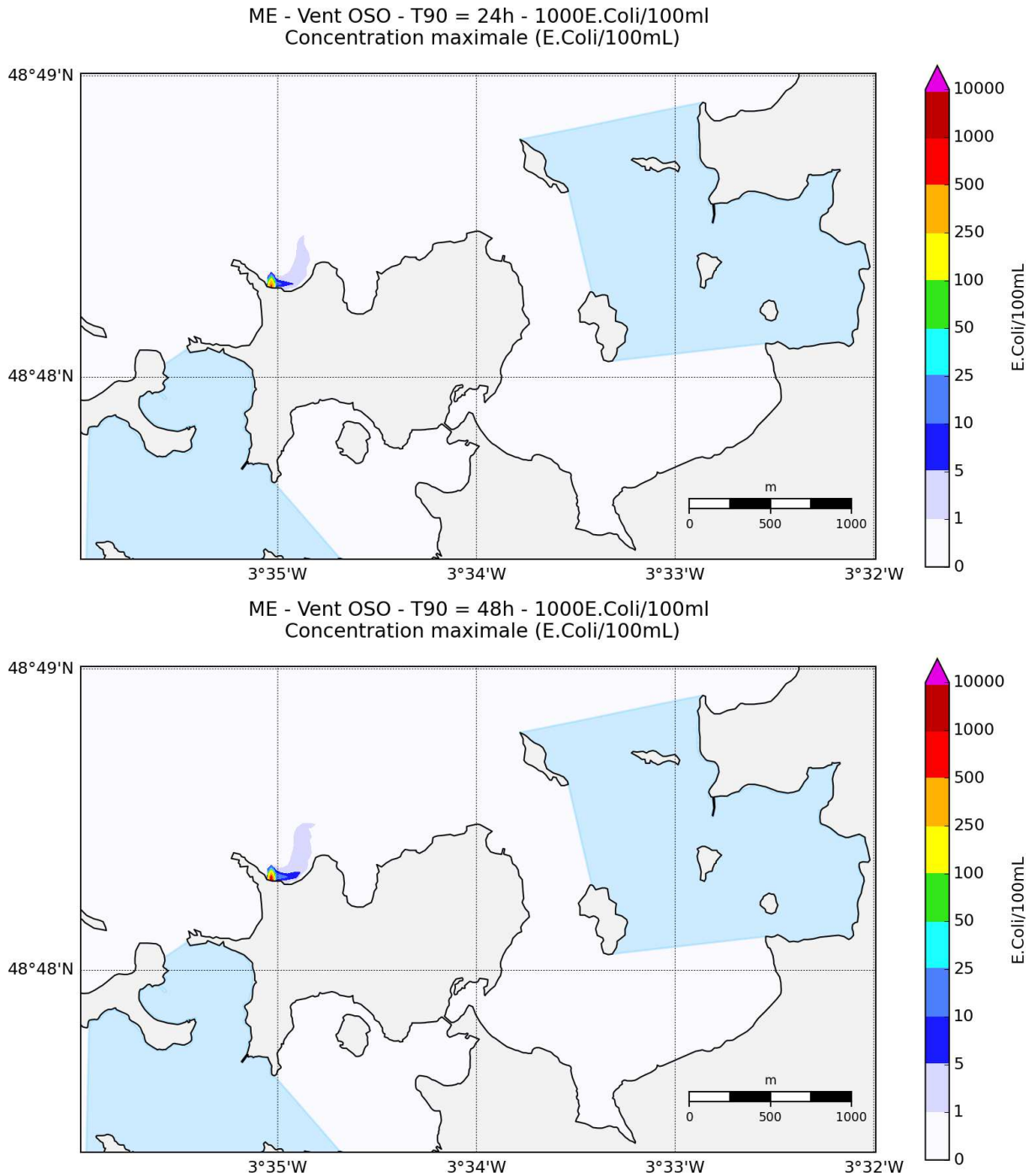


Figure 5-5 : Cartes de concentrations maximales pour les scénarios (1 et 3) réalisés avec le débit (280 m³/jour) et la concentration (10³ E.Coli/100ml) de référence en marée de morte-eau (T90=24h en haut, T90= 48h en bas)

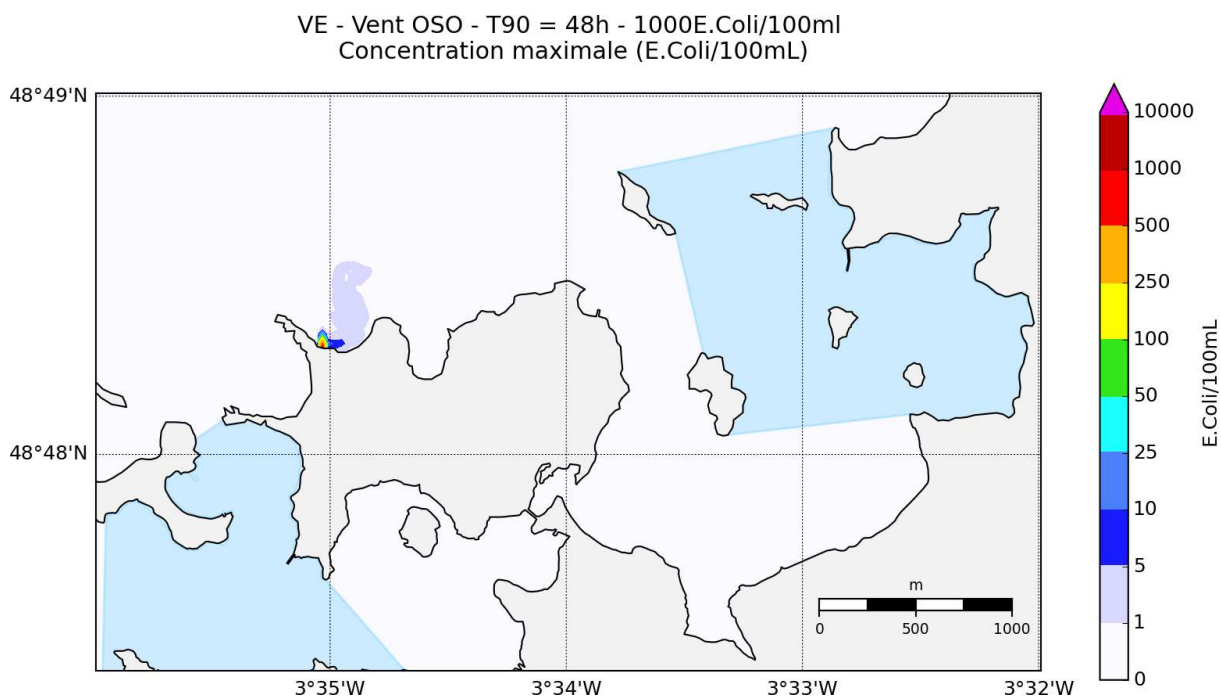
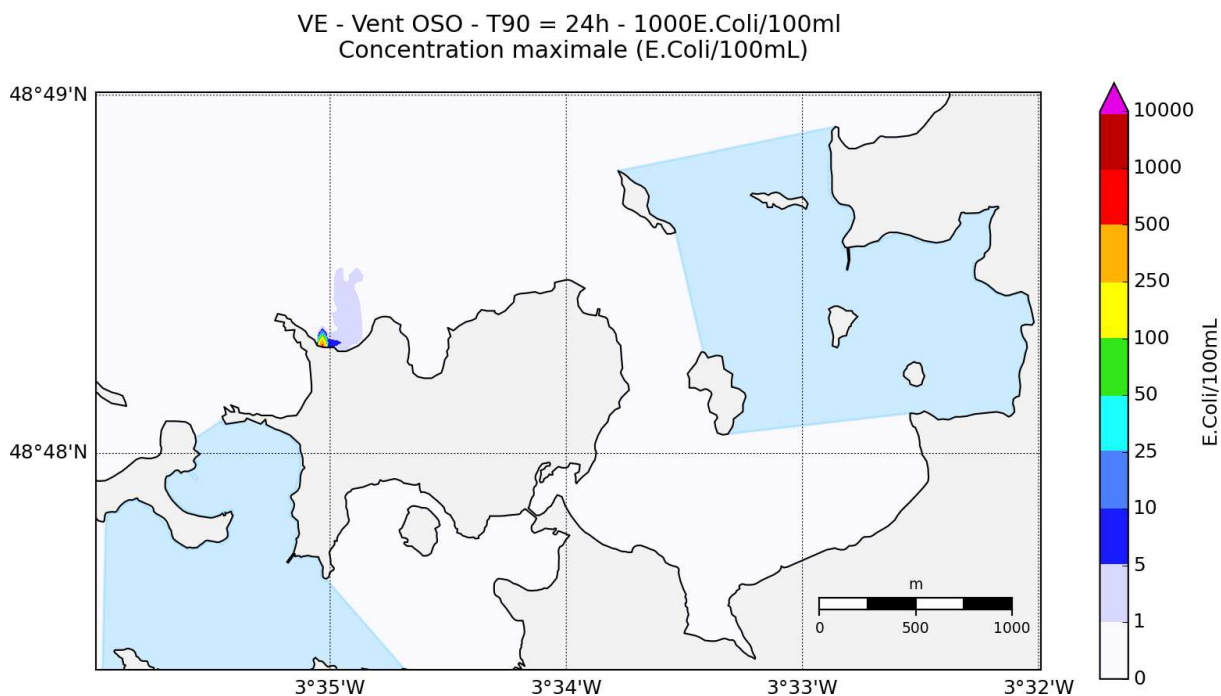


Figure 5-6 : Cartes de concentrations maximales pour les scénarios (2 et 4) réalisés avec le débit (280 m³/jour) et la concentration (10³ E.Coli/100ml) de référence en marée de vive-eau (T90=24h en haut, T90= 48h en bas)

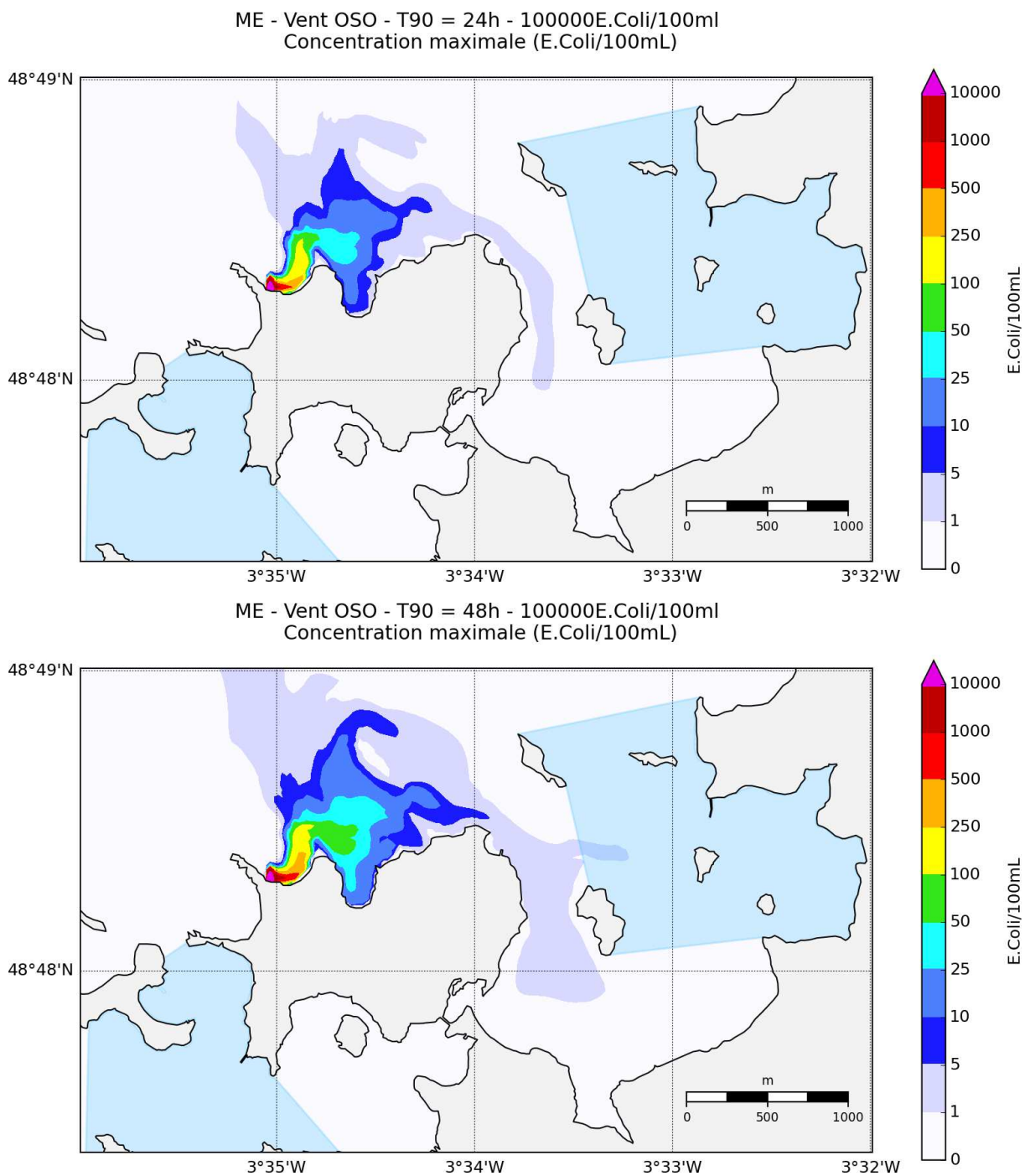


Figure 5-7 : Cartes de concentrations maximales pour les scénarios (5 et 7) réalisés avec le débit de référence (280 m³/jour) et une concentration dégradée (10⁵ E.Coli/100ml) en marée de morte-eau (T90=24h en haut, T90= 48h en bas)

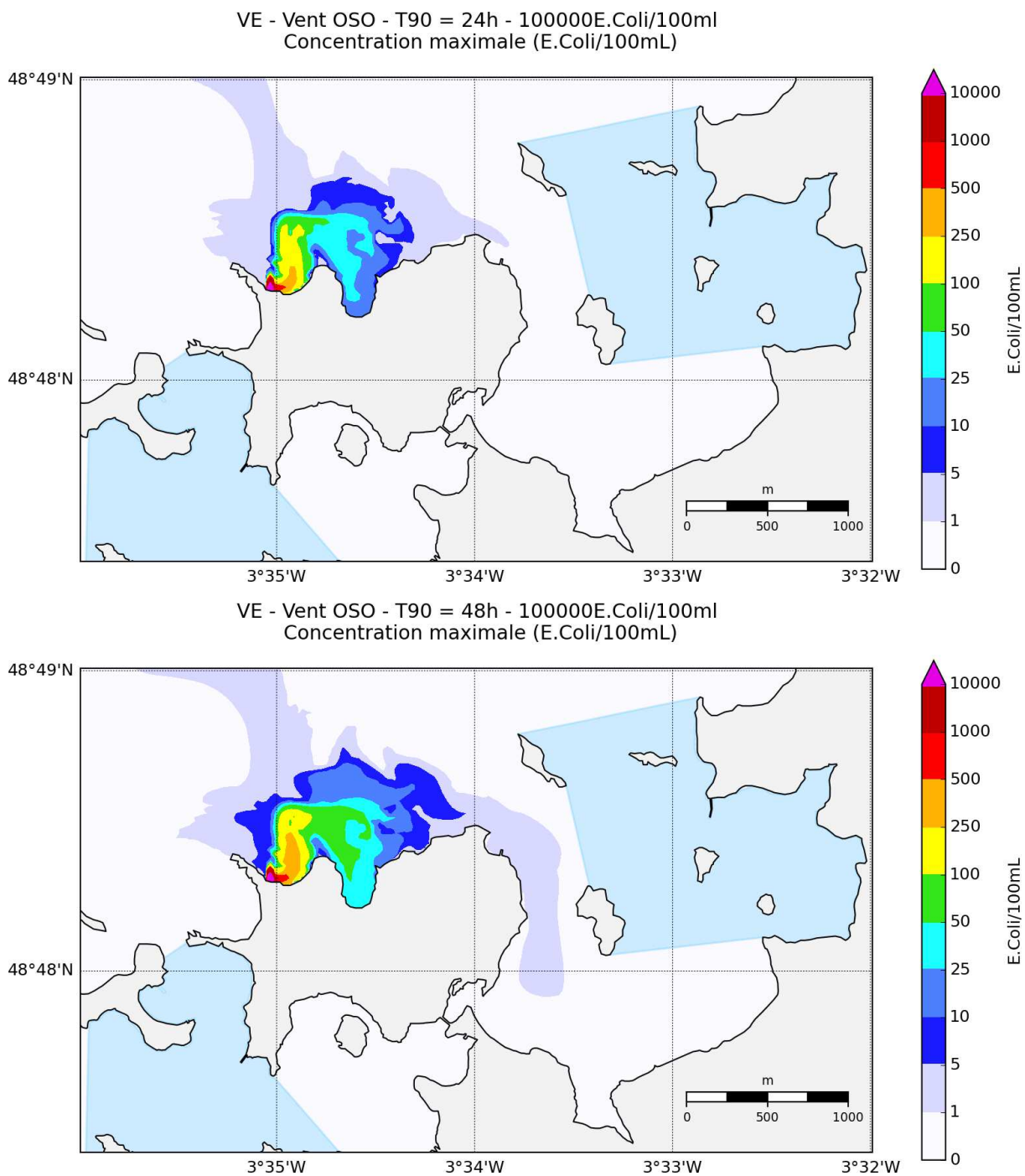
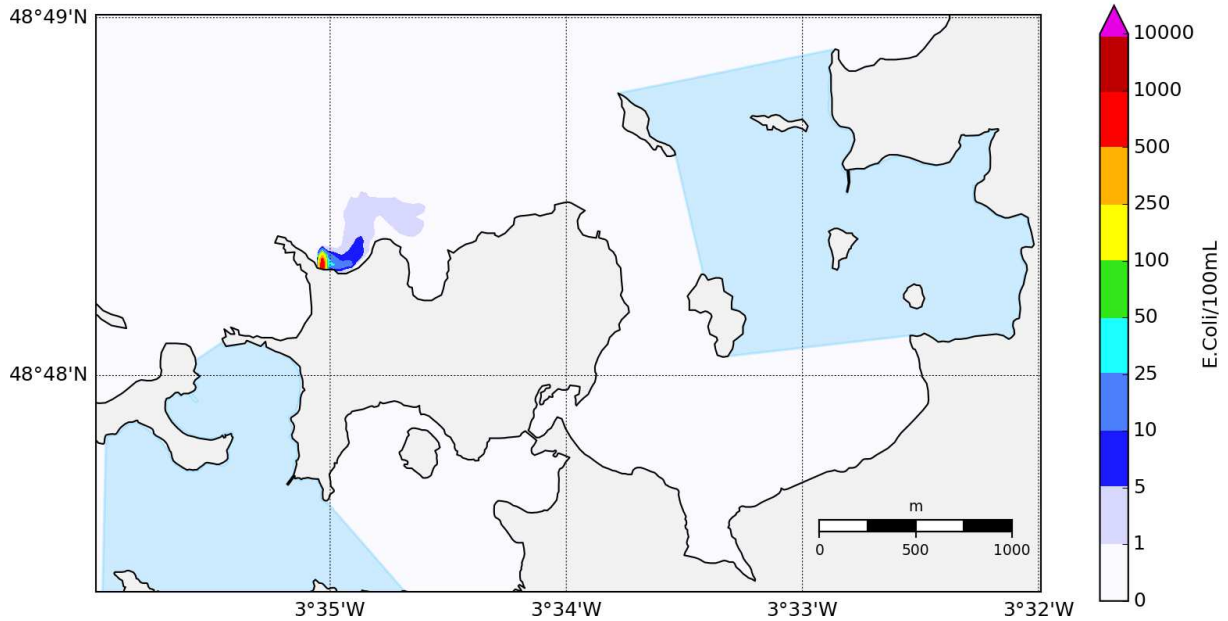


Figure 5-8 : Cartes de concentrations maximales pour les scénarios (6 et 8) réalisés avec le débit de référence (280 m³/jour) et une concentration dégradée (10⁵ E.Coli/100ml) en marée de vive-eau (T90=24h en haut, T90= 48h en bas)

ME - Vent OSO - T90 = 48h - 1000E.Coli/100ml - Débit accidentel
Concentration maximale (E.Coli/100mL)



ME - Vent ENE - T90 = 48h - 1000E.Coli/100ml - Débit accidentel
Concentration maximale (E.Coli/100mL)

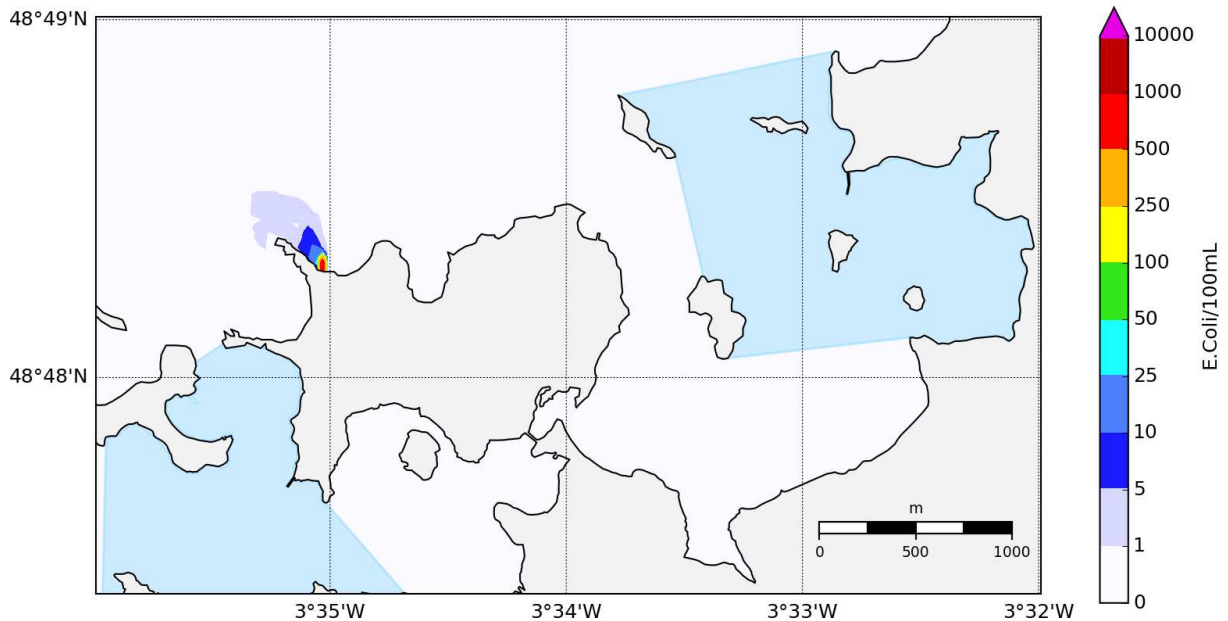
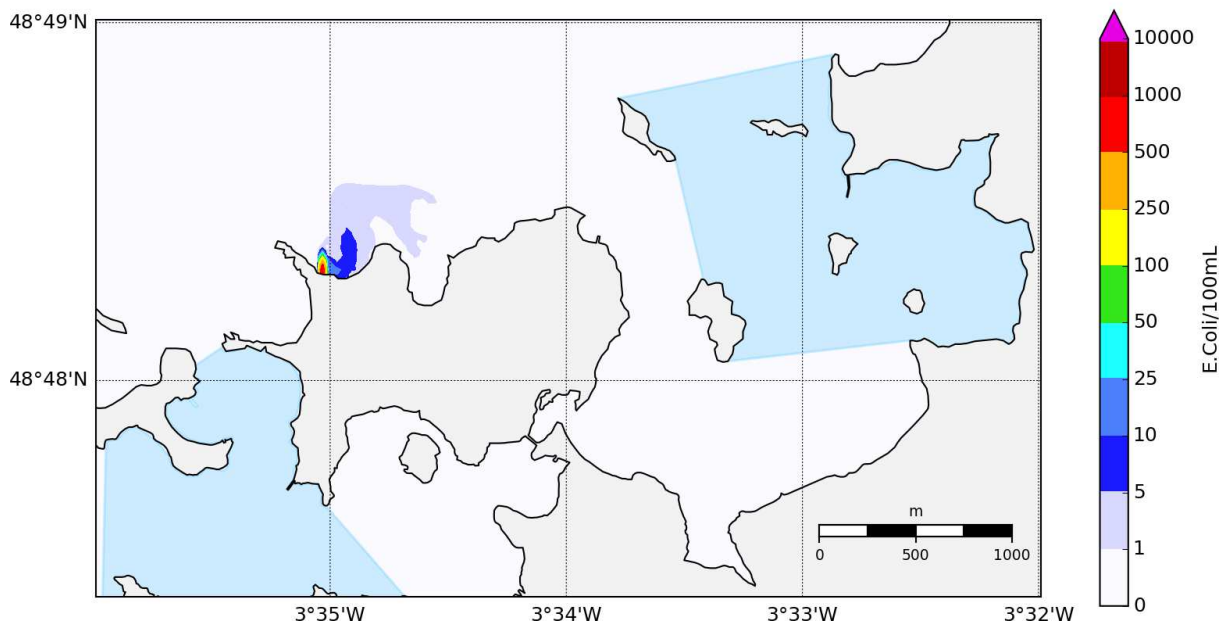


Figure 5-9 : Cartes de concentrations maximales pour les scénarios (9 et 11) réalisés avec le débit maximal (600 m³/jour) et la concentration de référence (10³ E.Coli/100ml) en marée de morte-eau (vent d'OSO en haut, vent d'ENE en bas)

VE - VentOSO - T90 = 48h - 1000E.Coli/100ml - Débit accidentel
Concentration maximale (E.Coli/100mL)



VE - VentENE - T90 = 48h - 1000E.Coli/100ml - Débit accidentel
Concentration maximale (E.Coli/100mL)

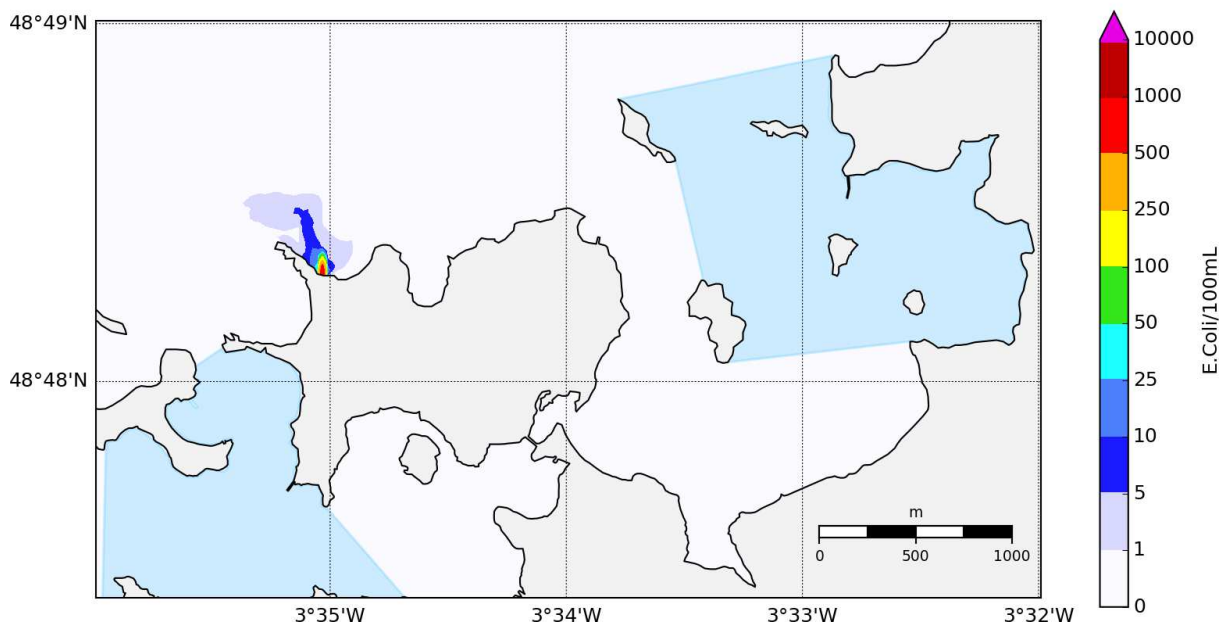


Figure 5-10 : Cartes de concentrations maximales pour les scénarios (10 et 12) réalisés avec le débit maximal (600 m³/jour) et la concentration de référence (10³ E.Coli/100ml) en marée de vive-eau (vent d'OSO en haut, vent d'ENE en bas)

5.3 EVOLUTION DE LA CONCENTRATION AU NIVEAU DES ZONES DE BAINNADES

5.3.1 MODE DE SUIVI

Pour représenter au mieux l'évolution de la concentration au niveau des plages ou zones de conchylicultures, des zones de suivi ont été définies autour des points de suivi ARS ou REMI :

- 2 plages ont été retenues : Pors Gwen et Pors Gelen, situées sur la côte Nord de l'île Grande.
- 3 points de suivi REMI sont également identifiés: Landrellec (à l'Est) et Illouaec et Goas Trez (à l'Ouest).

Ces zones de suivi sont représentées à la Figure 5-11. Elles sont positionnées autour du point de suivi sur environ 20 mailles de large (500 m).

Pour chaque scénario, la **valeur maximale** de la concentration calculée à chaque instant pour les mailles en eau (contenant au minimum 50 cm d'eau), à l'intérieur de chaque zone de suivi, est calculée.

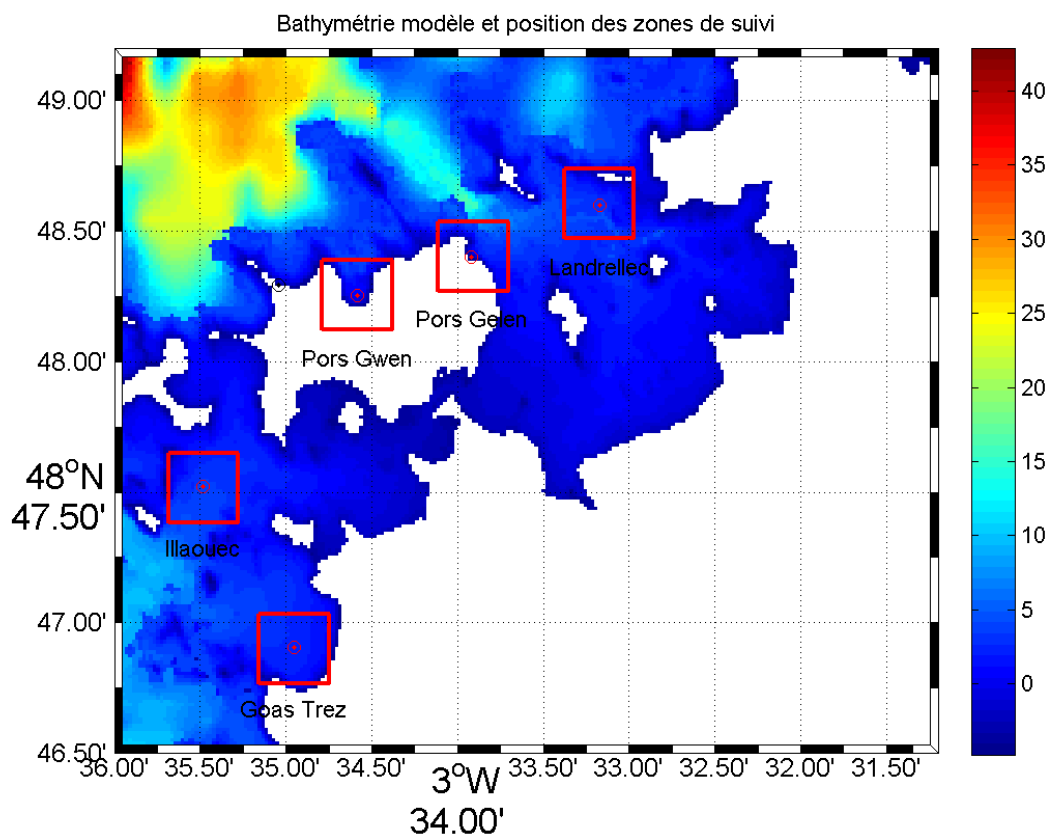


Figure 5-11 : Points et zones de suivi des concentrations

5.3.2 RESULTATS

Les figures ci-dessous présentent les évolutions des concentrations obtenues au niveau des plages de **Pors Gwen et de Pors Gelen**.

Les résultats pour les **autres points** de suivis ne sont pas présentés car, y compris en conditions défavorables (scénarios 5 à 8), **les concentrations n'y sont pas significatives** (< 1 E.Coli/100ml).

- En **situation normale** (rejet de 280 m³/jour à 10³ E.Coli/100ml), la **concentration est négligeable** (<1 E.Coli/100ml) quel que soit le scénario (1 à 4) sur les deux plages.
- En **situation fortement dégradée** (rejet de 280 m³/jour à 10⁵ E.Coli/100ml),
 - Sur la plage de **Pors Gwen**, la plus proche du rejet de la station, la concentration en germes atteint ponctuellement **~30 E.Coli/100ml** pour un T90 de 24h et **~50 E.Coli/100ml** pour un T90 de 48h. La marée montante pousse le panache vers l'intérieur de la baie et le pic de concentration est atteint un peu avant la mi-marée montante. La concentration diminue ensuite à mesure que la baie se remplit et que le panache se rapproche de la côte. Puis la marée descendante vide la baie.
 - Sur la plage de **Pors Gelen**, plus à l'Est, la concentration reste inférieure à **10 E.Coli/100ml** : elle atteint ponctuellement **~3 E.Coli/100ml** pour un T90 de 24h et 5 à 8 E.Coli/100ml pour un T90 de 48h. Elle est légèrement plus importante en période de morte-eau car le panache s'étend plus vers l'Est.
- Les conditions de **débit de rejet maximal** associé à une concentration normale (rejet de 600 m³/jour à 10³ E.Coli/100ml) ne sont pas représentées sur les figures. En effet, comme en situation normale, **la concentration est négligeable** (<1 E.Coli/100ml) sur les deux plages quel que soit le scénario (9 à 12).

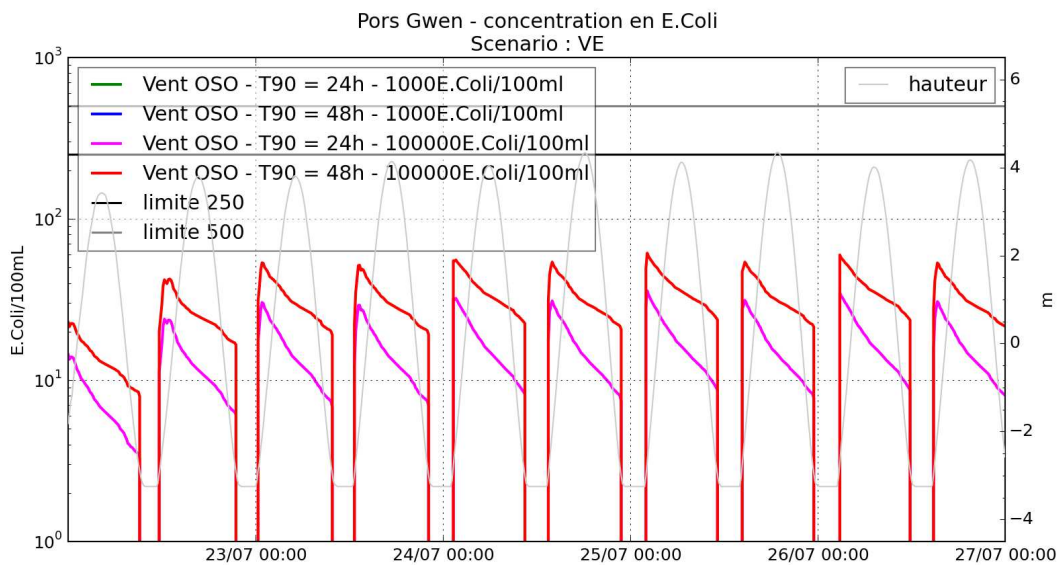
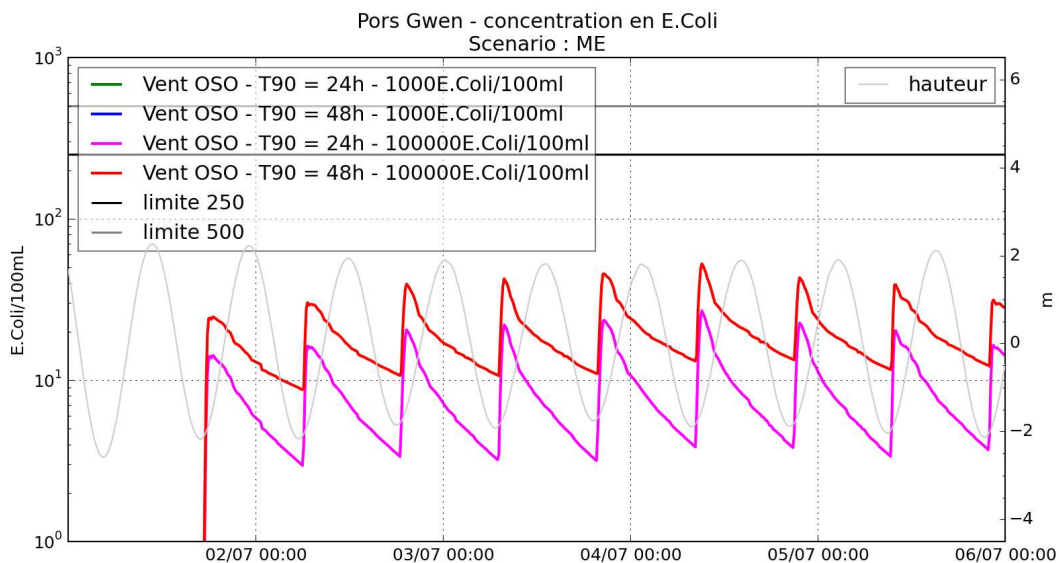


Figure 5-12 : Evolution des concentrations au niveau de la plage de Pors Gwen (marée de ME en haut, VE en bas)

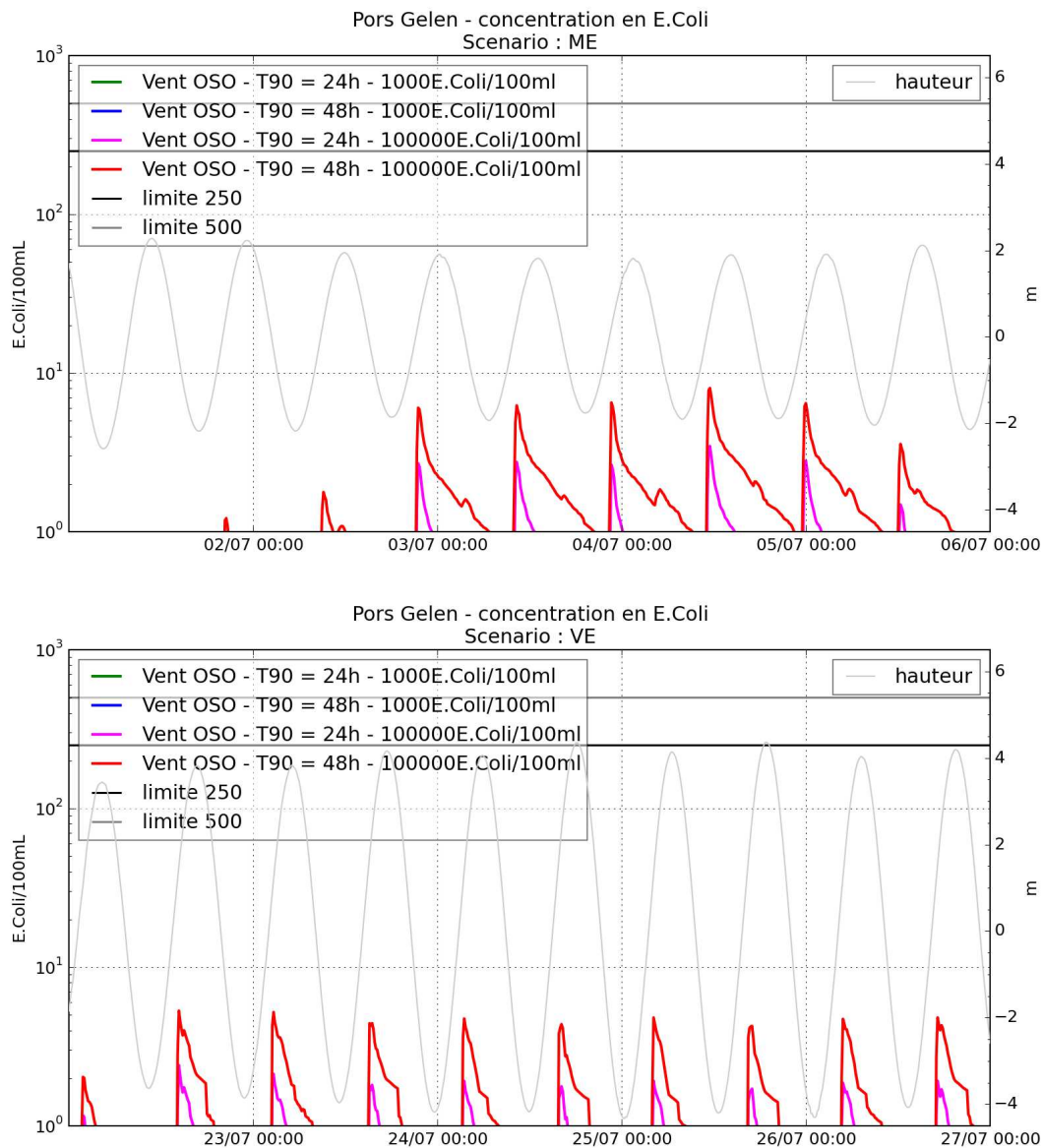


Figure 5-13 : Evolution des concentrations au niveau de la plage de Pors Gelen (marée de ME en haut, VE en bas)

6. CONCLUSION

Selon les résultats des simulations, le panache du rejet n'atteint pas les zones sensibles en conditions normales ($280 \text{ m}^3/\text{jour}$), ni en conditions de débit maximal ($600 \text{ m}^3/\text{jour}$).

En conditions dégradées (concentration de $10^5 \text{ E.Coli}/100\text{ml}$), le panache arrive sur les plages de Pors Gwen et Pors Gelen avec des concentrations bien inférieures aux seuils réglementaires pour la baignade (250 et 500 E.Coli/100mL). Il atteint également l'extrême Ouest de la zone conchylicole de Landrellec avec des concentrations inférieures à 5 E.Coli/100ml.