

Dispersion du rejet de la STEP de Lann Pont Houar

Rapport final

Siège social

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

General

ACTIMAR
Au service de la mer

Suivi des modifications

Version	Modifications	Rédacteurs	Validation	Date
V1.0	Création du document	Hida Philip	Marc Pavec	26/06/2024

Liste de diffusion

Destinataire	Organisme

Sommaire

1. INTRODUCTION	6
2. MISE EN PLACE DU MODELE	7
2.1 PRESENTATION DU MODELE TELEMAR	7
2.2 DESCRIPTION DE LA CONFIGURATION MISE EN PLACE	8
2.3 CONDITIONS AUX LIMITES	10
3. CONDITIONS DE SIMULATION	11
3.1 CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES	11
3.1.1 Marée	11
3.1.2 Vent et vagues	11
3.2 MORTALITE DES GERMES BACTERIENS DANS L'EAU	12
3.3 CONDITIONS DE REJET	13
3.4 SYNTHESE DES CONDITIONS DE SIMULATION	14
4. RESULTATS	15
4.1 BACTERIES	15
4.1.1 Cartes de concentration maximale en E.Coli dans l'eau	15
4.1.2 Points de suivi pour l'évolution temporelle de la concentration en E.Coli dans les coquillage	20
4.2 AZOTE ET PHOSPHORE	25
4.2.1 Cartes de concentration maximale en azote et phosphore	25
4.2.2 cartes de dilution minimale	28

Liste des illustrations

Figure 2-1 : Illustration de la grille de calcul finale et de la bathymétrie pour tout le domaine (en haut) et avec un zoom sur le Golfe du Morbihan (au milieu) et sur l'anse du Poulben (en bas) où se déversent la STEP de Lann Pont Houar et le Reclus dans la rivière d'Auray.	9
Figure 3-1 : Relation entre la profondeur, la turbidité, l'intensité lumineuse et le T90.....	12
Figure 4-1: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 1	16
Figure 4-2: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 2	16
Figure 4-3: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 3	17
Figure 4-4: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 4	17
Figure 4-5: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 5	18
Figure 4-6: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 6	18
Figure 4-7: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 7	19
Figure 4-8: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 8	19
Figure 4-9: Position des points de suivis.....	20
Figure 4-10 : Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 1.....	21
Figure 4-11: : Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 2.....	21
Figure 4-12: : Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 3.....	22
Figure 4-13: : Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 4.....	22
Figure 4-14:: Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 5.....	23
Figure 4-15: : Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 6.....	23
Figure 4-16: : Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 7.....	24
Figure 4-17: Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 8.....	24
Figure 4-18 : Carte de concentration maximal en Azote – rejet actuel – Sc9	26
Figure 4-19: Carte de concentration maximale en Azote - rejet futur - Sc10.....	26
Figure 4-20: Carte de concentration maximale en phosphore – rejet actuel – Sc9.....	27
Figure 4-21: Carte de concentration maximale en phosphore – rejet futur – Sc10.....	27
Figure 4-22: Cartes de dilution d'un traceur passif - Sc9	29
Figure 4-23: Cartes de dilution d'un traceur passif – Sc10	29

Liste des tableaux

Tableau 1 : Débit et concentration des rejets	13
Tableau 2: concentration en azote et phosphore dans les rivières	13
Tableau 3: concentration en azote et phosphore de la STEP	13
Tableau 4: synthèse des conditions de simulation	14

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de restructuration du système d'assainissement de Lann Pont Houar, AQTA souhaite réaliser de nouvelles études de dispersion en mer du panache de la station d'épuration (STEP).

Pour la présente étude, le modèle déjà mis en œuvre en 2019 pour étudier la dispersion de ce rejet a été réutilisé. Un rejet correspondant à la situation actuelle et future de la STEP est modélisé dans différentes conditions météo-océaniques.

2. MISE EN PLACE DU MODELE

Le principe de la 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. Le code de calcul Telemac est utilisé pour la présente étude.

La configuration déjà construite et validée par Actimar pour l'étude la dispersion de cette même STEP en 2019 a été ré-utilisée. Elle a été mise à jour avec la nouvelle version de Telemac, la grille du modèle est identique.

2.1 PRESENTATION DU MODELE TELEMAC

Le but de la modélisation est de fournir une représentation précise de l'hydrodynamique de la Rivière d'Auray et de la dispersion du rejet de la STEP pouvant atteindre les zones sensibles.

Dans le cadre de cette étude, une modélisation par éléments finis mise en place au moyen du code de calcul Telemac-2D de la chaîne Telemac (EDF-LNHE) a été exploitée.

Le système TELEMAC est un ensemble de logiciels aux éléments finis dédiés aux écoulements à surface libre. Le module Telemac-2D traite les écoulements non permanents à surface libre en milieu peu profond. Il permet d'étudier aussi bien des domaines côtiers que fluviaux, estuariens ou lacustres. Il est adapté en particulier à la simulation des courants de marée. Le modèle résout, par une méthode d'éléments finis sur des maillages non structurés constitués d'éléments triangulaires, les équations de Barré de Saint-Venant à deux dimensions horizontales d'espace. Ces équations expriment en tout point du domaine de calcul la conservation de la masse (équation de continuité) et la conservation de la quantité de mouvement dans les deux directions d'espace horizontales (équations dynamiques). Les régions alternativement couvertes et découvertes par l'eau au cours du temps, telles que les estrans d'un domaine marin ou le lit majeur des vallées inondables, sont traitées par des algorithmes performants de gestion des bancs découvrant dès que la surface libre coupe le fond d'un élément. Par ailleurs, Telemac-2D peut calculer simultanément, et ce de façon couplée, les déplacements et la dispersion d'un traceur quelconque (équation de transport). Dans le cadre de cette étude la cinétique de disparition des germes bactériens est également prise en compte en utilisant le facteur de mortalité T90 (module WAQTEL de TELEMAC).

2.2 DESCRIPTION DE LA CONFIGURATION MISE EN PLACE

Le modèle s'étend en mer, au large du Golfe du Morbihan, de manière à représenter correctement les processus de grandes échelles tels que la propagation de l'onde de marée. Le domaine s'étend d'Etel à l'ouest jusqu'au Croisic à l'est, en incluant Belle-Ile-en-Mer. La résolution varie d'environ 1.5 kilomètres au large à environ 200 mètres le long du trait de côte, de la presqu'île de Quiberon et autour des îles d'Houat, d'Hoëdic et de Belle-Ile. La résolution spatiale atteint environ 90 m dans tout le Golfe du Morbihan, 50 m dans la rivière d'Auray et 10 m au voisinage du rejet de la station de Lann Pont Houar, positionné dans le modèle en aval du poste à marée du pont de Poulben. Le poste à marée n'est pas représenté dans le modèle.

Le maillage comporte 42 255 points de calcul pour 78 928 éléments triangulaires.

La bathymétrie utilisée pour la construction du Modèle Numérique de Terrain est issue d'une fusion entre différentes sources de données :

- Le MNT régional HOMONIM du SHOM dont la résolution est de 100 m ;
- Le MNT côtier TANDEM du SHOM dont la résolution est de 20 m ;
- Les données Litto3D du SHOM et de l'IGN dont la résolution est de 1 m mais qui ne couvre pas la zone de rejet.

Une illustration de la grille de calcul finale et de la bathymétrie associée est présentée sur la Figure 2-1 pour tout le domaine de calcul, et avec un zoom sur le Golfe du Morbihan et dans la rivière d'Auray, au voisinage du rejet.

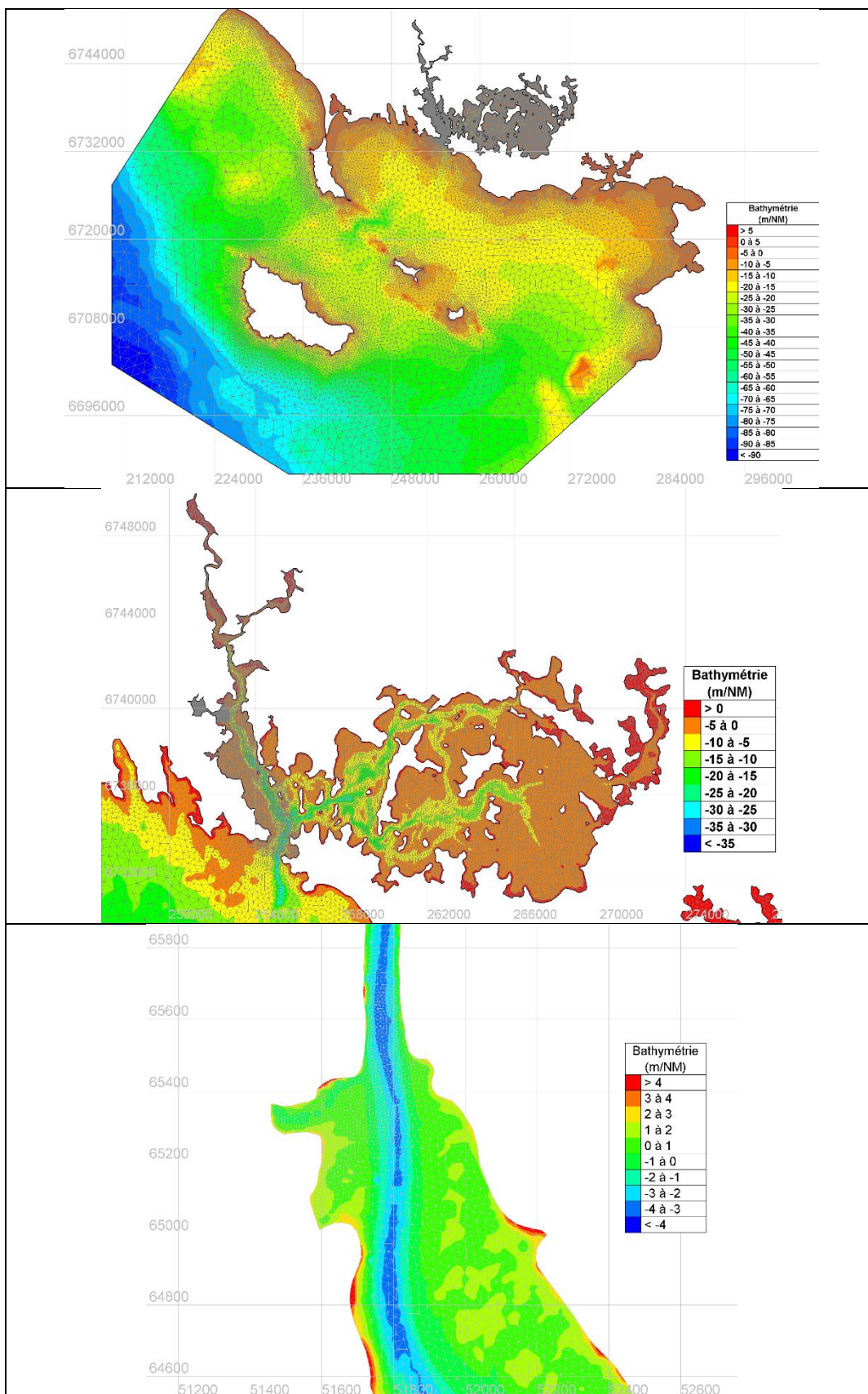


Figure 2-1 : Illustration de la grille de calcul finale et de la bathymétrie pour tout le domaine (en haut) et avec un zoom sur le Golfe du Morbihan (au milieu) et sur l'anse du Poulben (en bas) où se déversent la STEP de Lann Pont Houar et le Reclus dans la rivière d'Auray.

2.3 CONDITIONS AUX LIMITES

Les variations temporelles des hauteurs d'eau sont imposées comme conditions à la limite en chaque point de bord de la frontière maritime du modèle. Ces évolutions temporelles sont calculées par reconstitution des composantes harmoniques de la marée à partir de la base de données globales FES2014 du LEGOS.

Pour les points constituant la frontière terrestre du modèle, une condition d'évolution libre de l'écoulement est spécifiée tout en gérant les bancs découvrants sur l'estran.

Les apports de la rivière d'Auray et du Sal sont pris en compte (cf. paragraphe 3.3).

3. CONDITIONS DE SIMULATION

La dispersion en mer de différents rejets et leur influence sur la qualité sanitaire des eaux de baignade dépendent de nombreux facteurs pouvant évoluer spatialement et temporellement. Cette partie s'attache donc à présenter les scénarios de calculs constituant la combinaison des paramètres suivants :

- Conditions hydrodynamiques : la marée (vive-eau, morte-eau) et le vent (vitesse et direction)
- Conditions de mortalité des germes bactériens (facteur T90)
- Conditions de rejet : position, débit et concentration en bactéries, phasage avec le cycle de la marée

3.1 CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES

3.1.1 MAREE

La marée est un des facteurs prépondérants de la circulation hydrodynamique de la zone d'étude. Les différences de marnage entre les périodes de mortes-eaux et de vives-eaux sont importantes.

La dispersion du rejet de la STEP est donc simulée pour deux conditions de marée sur des périodes de 2 jours.

3.1.2 VENT ET VAGUES

Cette zone de la rivière d'Auray est un endroit relativement fermé, soumis à l'influence de la marée, des rivières d'Auray (Loch) et du Bono (Sal), et des échanges avec les eaux du Golfe du Morbihan. Dans ces conditions, l'utilisation d'un modèle hydrodynamique 2D, forcé par les conditions de marée au large et le débit des rivières d'Auray et du Bono, s'avère suffisante. La zone est peu profonde et sa situation abritée empêche les houles du large d'y pénétrer. L'influence des états de mer et du vent sur la dispersion du rejet n'a donc pas été prise en compte.

3.2 MORTALITE DES GERMES BACTERIENS DANS L'EAU

Afin de représenter la dispersion des germes bactériens en mer, la cinétique de disparition des germes est représentée par une loi de décroissance linéaire qui fait intervenir le coefficient dénommé **T₉₀** (durée nécessaire pour la disparition par mortalité de 90% des organismes).

Ce facteur 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 dans la colonne d'eau)
- La profondeur

En prenant en compte ces trois paramètres, on peut estimer les ordres de grandeur du T₉₀ à l'aide de l'abaque présenté Figure 3-1 (source : J.F. Guillaud, A.Derrien, M. Gourmelon, and M. Pommeupuy (1997) :T90 as a tool for engineers : interest and limits. Wat. Sci. Tech. Vol. 35, No. 11-12, pp. 277-281.).

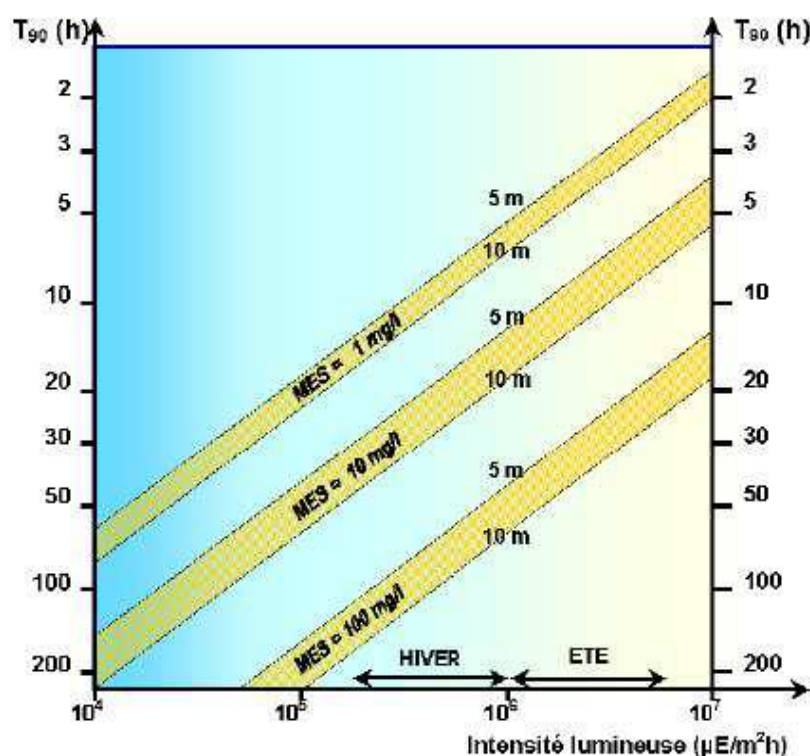


Figure 3-1 : Relation entre la profondeur, la turbidité, l'intensité lumineuse et le T₉₀

La mortalité des bactéries dans le milieu est supposée constante pour cette étude et égale à :

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

3.3 CONDITIONS DE REJET

Dans le cadre de cette étude 3 rejets son pris en compte dans le modèle.

- 2 rivières : Le Loc'h et le Sal
- La station d'épuration de Lann Pont Houar (Auray)

Pour chaque rejet, le modèle est forcé à l'aide des données de débits et de concentration en E.Coli correspondant à des situations types de période estivale correspondant aussi à un temps sec et de période hivernale correspondant à un temps de pluie.

Les débits sont constants sur la période des 2 jours de la simulation.

Tableau 1 : Débit et concentration des rejets

	Saison	STEP		Loc'h		Sal	
		débit (m3/j)	concentration(N PP/100mL)	débit (l/s)	concentration(N PP/100mL)	débit (l/s)	concentration(N PP/100mL)
Rejet actuel	Eté (temps sec)	3874	10000	208	78	82	38
	Hiver (temps de pluie)	12000	10000	3370	227	1334	38
Rejet futur	Eté (temps sec)	4834	100	208	78	82	38
	Hiver (temps de pluie)	13000	100	3370	227	1334	38

Dans les simulations les plus défavorables, l'azote et le phosphore sont également modélisé par un traceur passif dont les concentrations sont les suivantes :

Tableau 2: concentration en azote et phosphore dans les rivières

	Azote (mg/L)	Phosphore (mg/L)
Loc'h	5	0.09
Sal	5	0.14

Tableau 3: concentration en azote et phosphore de la STEP

STEP	Azote (mg/L)	Phosphore (mg/L)
Rejet actuel	15	1
Rejet futur	10	0.7

3.4 SYNTHÈSE DES CONDITIONS DE SIMULATION

L'ensemble des conditions décrite précédemment forment un ensemble de 8 simulations résumé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4: synthèse des conditions de simulation

Sc	rejet	saison	T90	marée
1	actuel	été (temps sec)	24h	ME
2		été (temps sec)	24h	VE
3		hiver(temps de pluie)	48h	ME
4		hiver(temps de pluie)	48h	VE
5	futur	été (temps sec)	24h	ME
6		été (temps sec)	24h	VE
7		hiver(temps de pluie)	48h	ME
8		hiver(temps de pluie)	48h	VE
9	actuel	été (temps sec)	-	VE
10	futur	été (temps sec)	-	VE

Les scénario 9 et 10 rejouent les conditions les plus défavorables (temps sec et vive-eau) avec un traceur passif représentant l'azote et le phosphore.

4. RESULTATS

4.1 BACTERIES

Les résultats sont analysés à partir des éléments suivants :

- Cartes de concentration maximale en E.coli dans l'eau au cours de la simulation pour chacun des scénarios
- Séries temporelles de la concentration dans les coquillages au niveau des points de suivi

4.1.1 CARTES DE CONCENTRATION MAXIMALE EN E.COLI DANS L'EAU

Les Figure 4-1 à Figure 4-8 présentent les cartes de concentration maximale en E.Coli dans l'eau pour les 8 scénarios simulés.

Il est important de rappeler que ces cartes ne sont pas représentatives d'un instant mais permettent de visualiser l'enveloppe maximale des panaches.

Les cartes montrent que le panache est plus étendu en période de vive-eau, les courants plus importants sont alors plus susceptibles de transporter les E.Coli au niveau des zones sensibles. Le scénario le plus impactant est donc celui de vive-eau en condition hivernale (scénario 4 et 8) où le panache du rejet vient se mêler à ceux du Sal et du Loc'h pour atteindre notamment la zone conchylicole « confluence Loc'h » avec des concentrations dans l'eau entre 100 et 250 E.Coli/100mL.

Les points REMI ne sont atteints par les panaches dans aucun des scénarios modélisés.

En situation future, les concentrations dans le panache sont très atténuées, les points de suivis sont atteints avec des concentrations plus faibles même dans les conditions les plus défavorables (scénario 8).

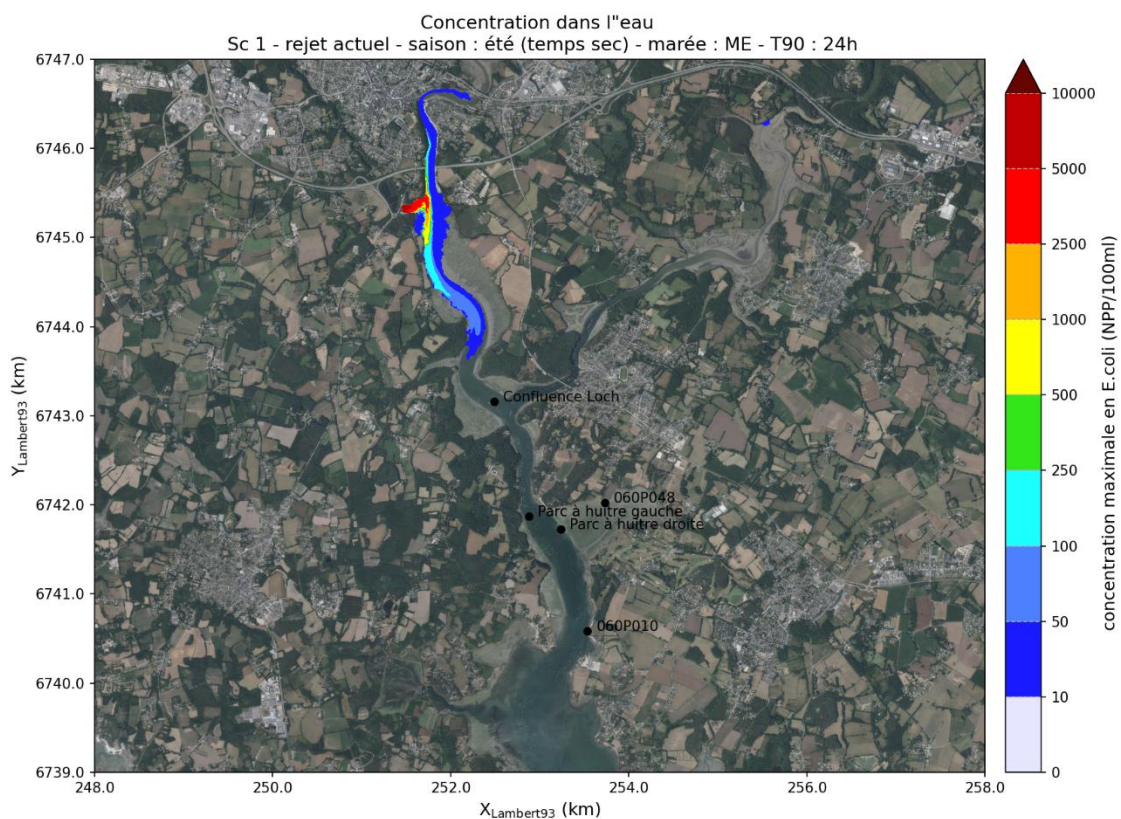


Figure 4-1: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 1

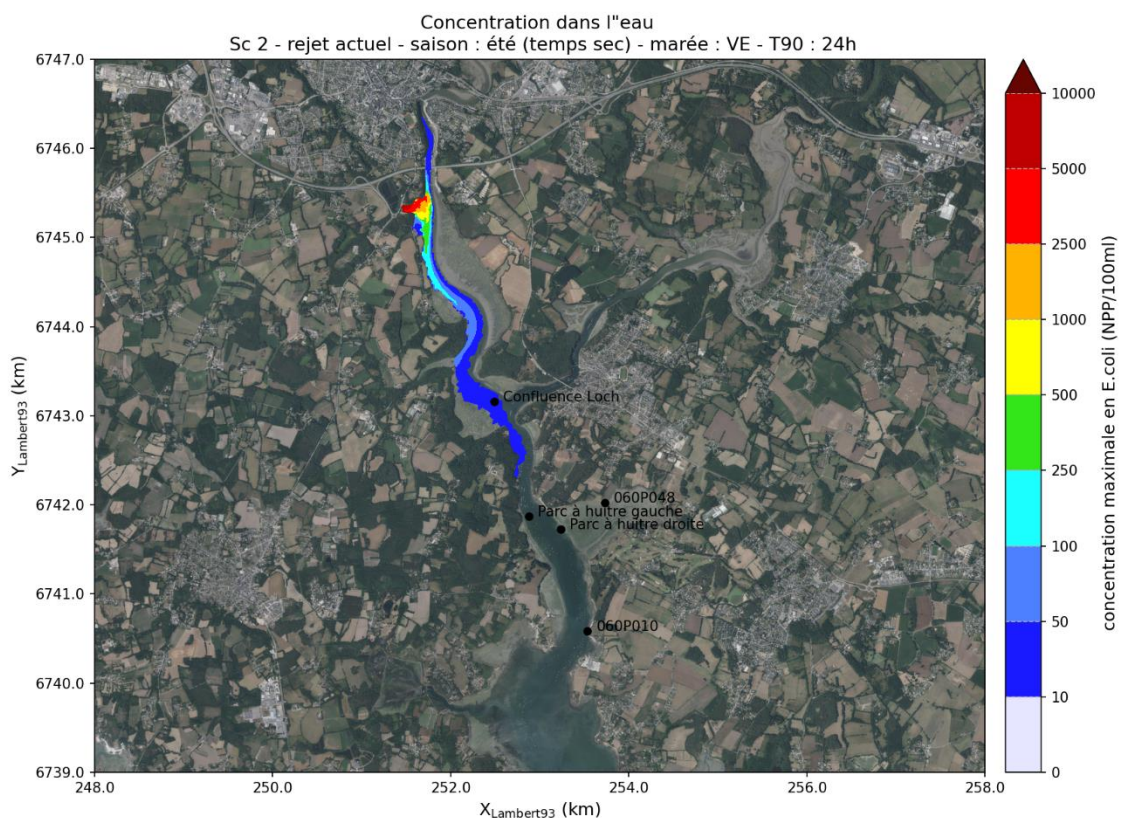


Figure 4-2: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 2

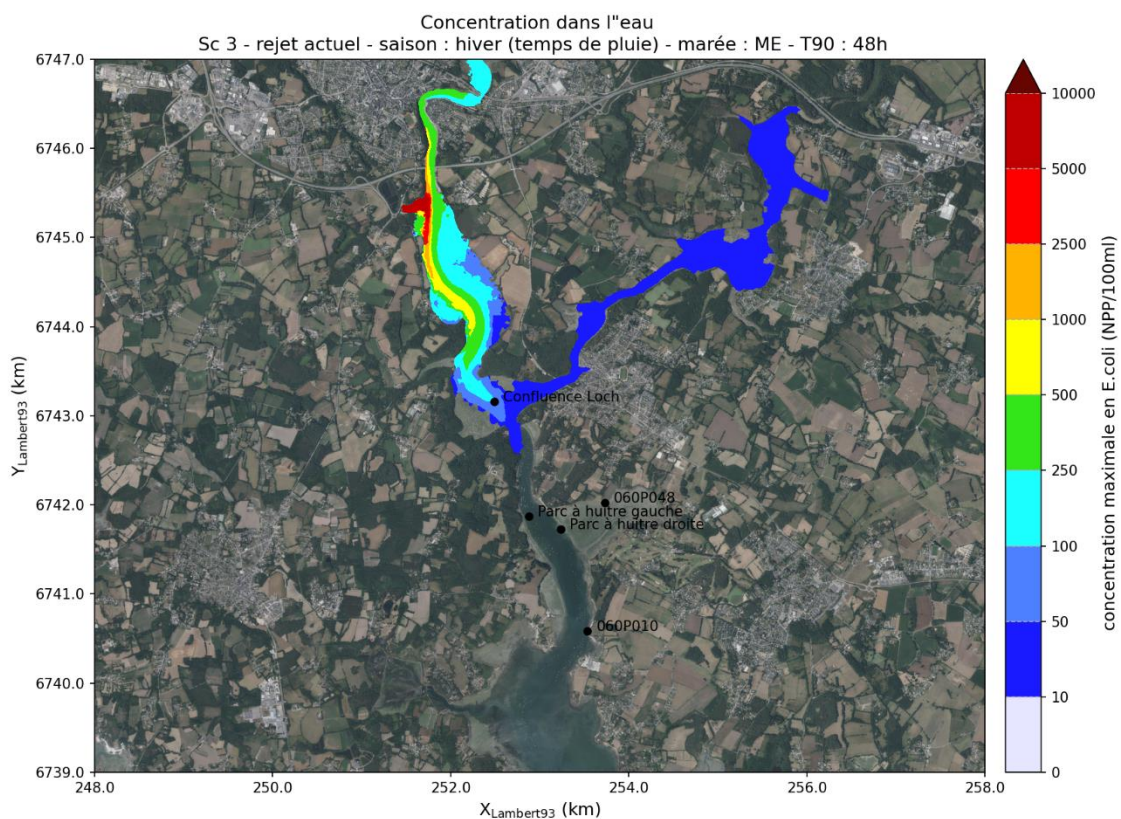


Figure 4-3: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 3

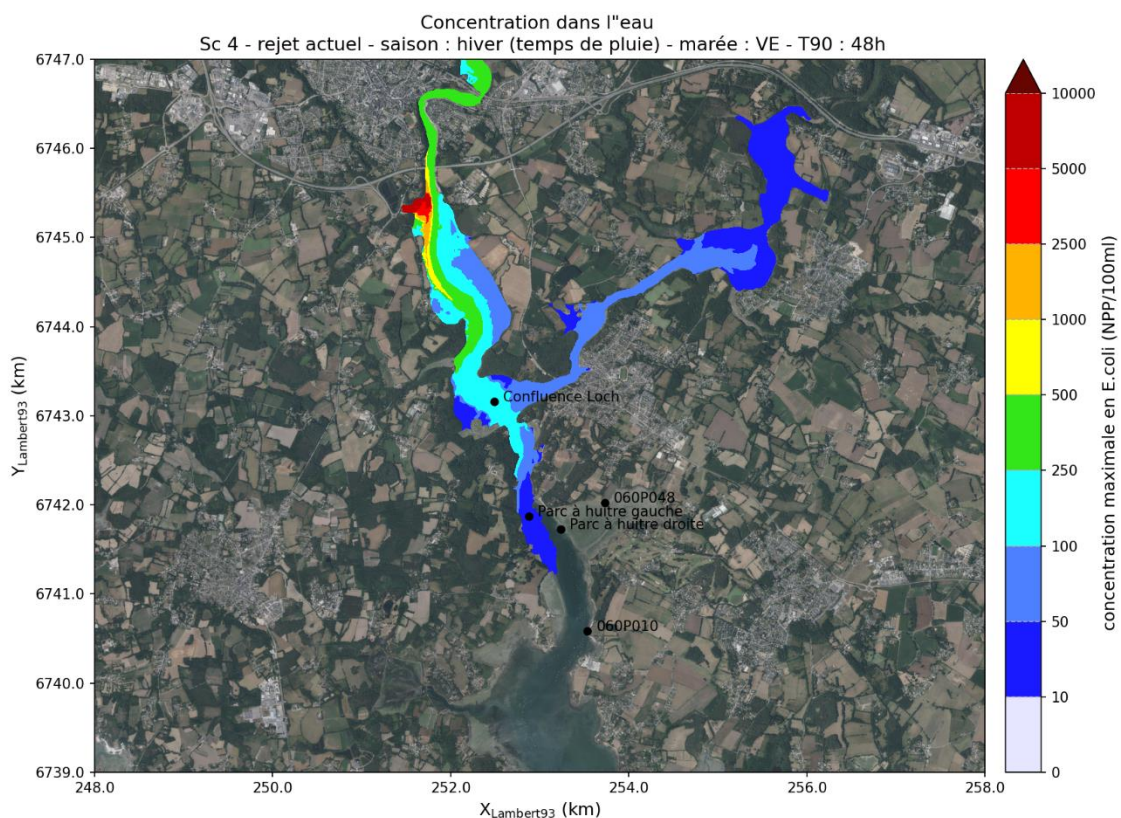


Figure 4-4: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 4

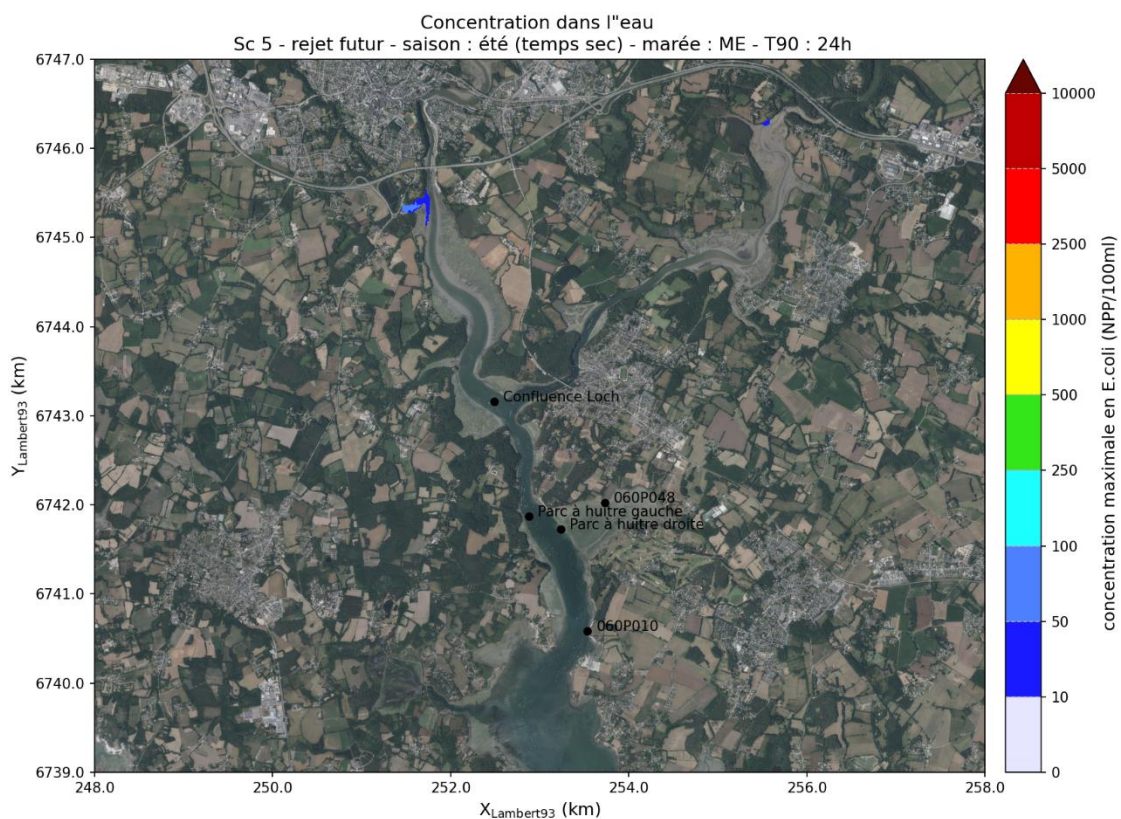


Figure 4-5: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 5

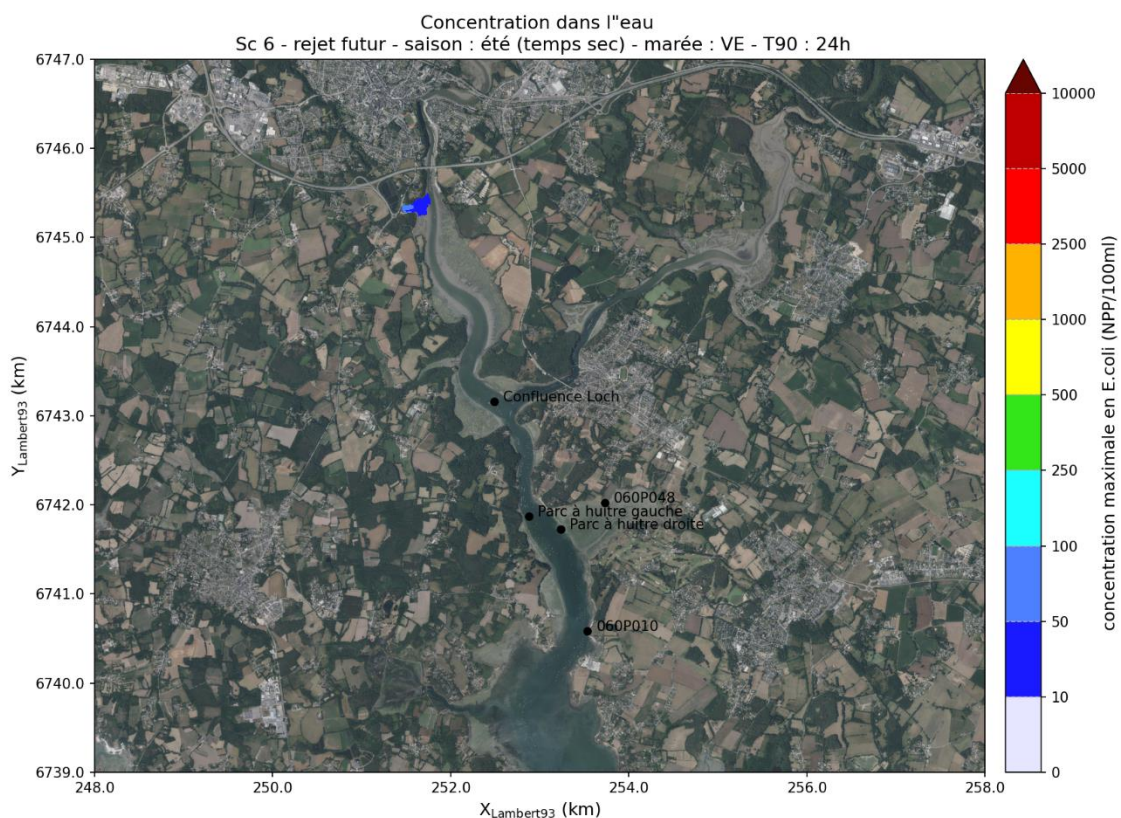


Figure 4-6: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 6

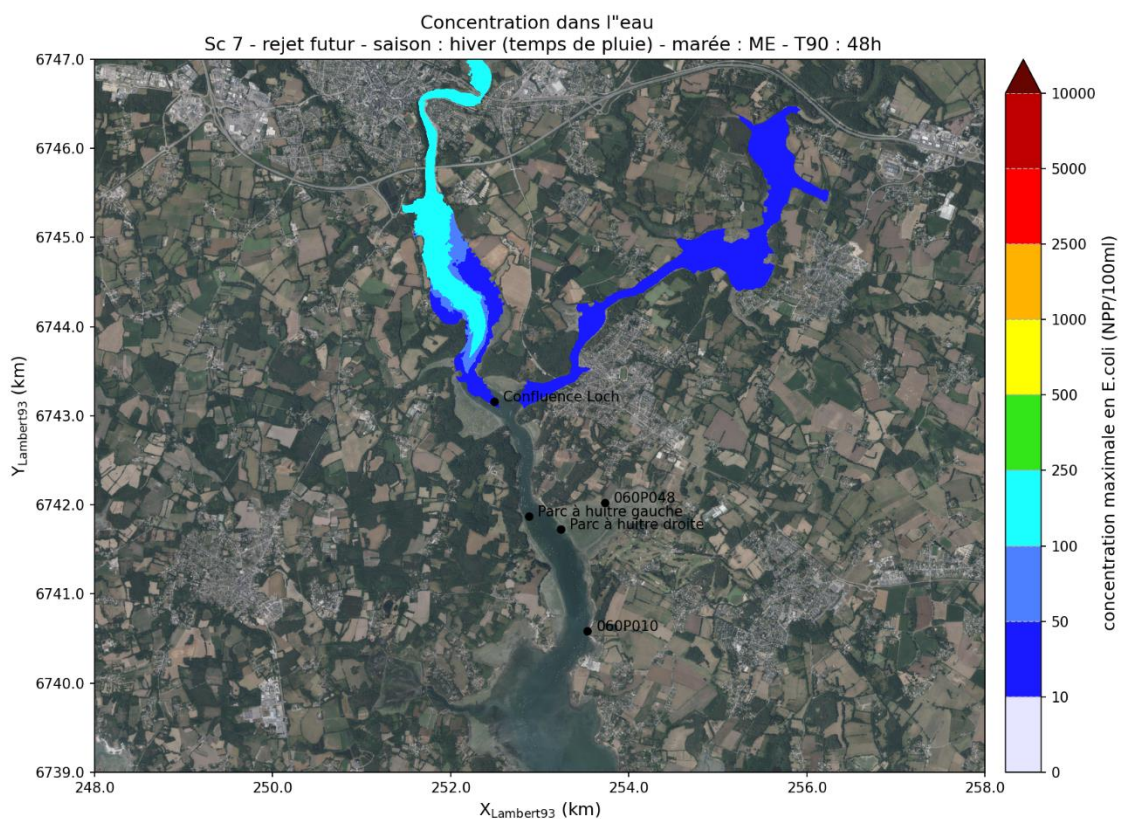


Figure 4-7: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 7

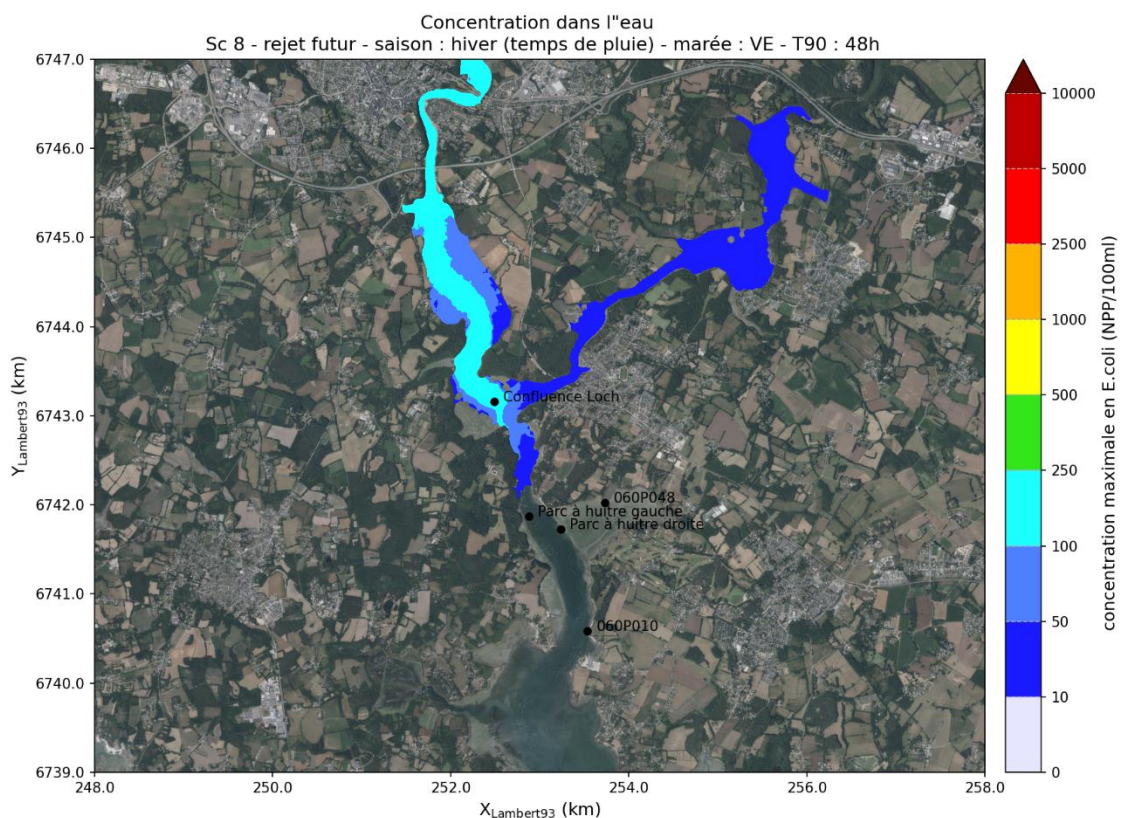


Figure 4-8: Carte de concentration maximale dans l'eau - Scénario 8

4.1.2 POINTS DE SUIVI POUR L'ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA CONCENTRATION EN E.COLI DANS LES COQUILLAGE

L'évolution temporelle de la concentration en E.Coli dans les coquillages est présentée dans cette partie sur les Figure 4-10 à Figure 4-17.

Les points sélectionnés pour analyser l'évolution de la concentration dans les coquillages sont 2 points REMI ainsi que 3 points du cadastre conchylicole.

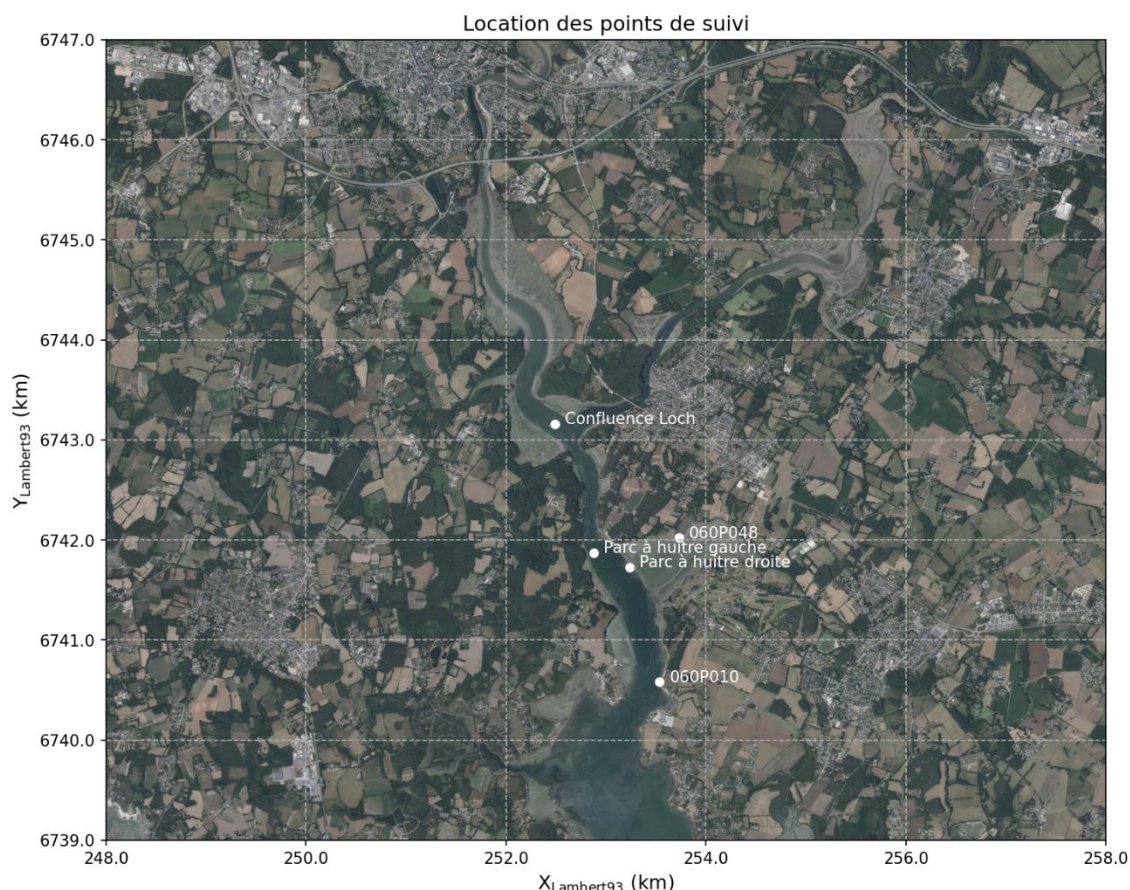


Figure 4-9: Position des points de suivis

Les séries temporelles montrent que :

- Les points de suivis ne sont pas atteints en situation de morte-eau et de temps sec.
- Les concentration pour tous les points autre que le point « Confluence Loc'h » et « Parc à huître gauche » sont inférieures à 230 E.Coli/100gCLI.
- L'évolution des concentrations montrent que les pics de concentrations sont atteints au moment de la basse mer
- La concentration dépasse les 230 E.Coli/100gCLI au point « Parc à huître gauche » et 4600 E.Coli/100gCLI au point « Confluence Loc'h » seulement en situation actuelle pour les conditions les plus défavorables (vive-eau et temps de pluie). En situation future les concentrations maximales passent en dessous de ces paliers mais celle-ci reste au-dessus des 230 E.Coli/100gCLI au point « Confluence Lo'ch »

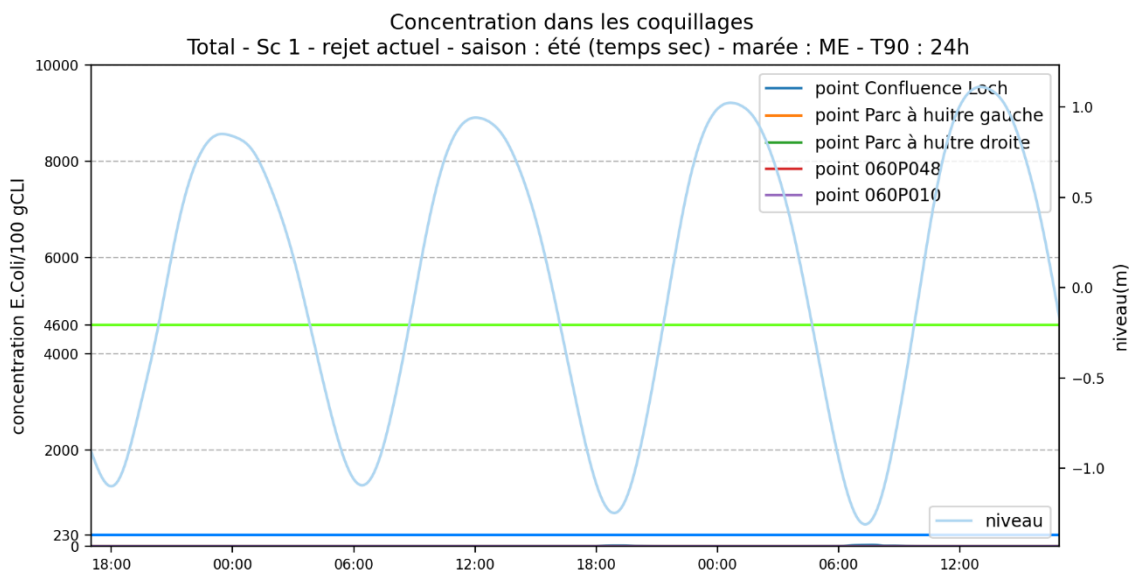


Figure 4-10 : Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 1

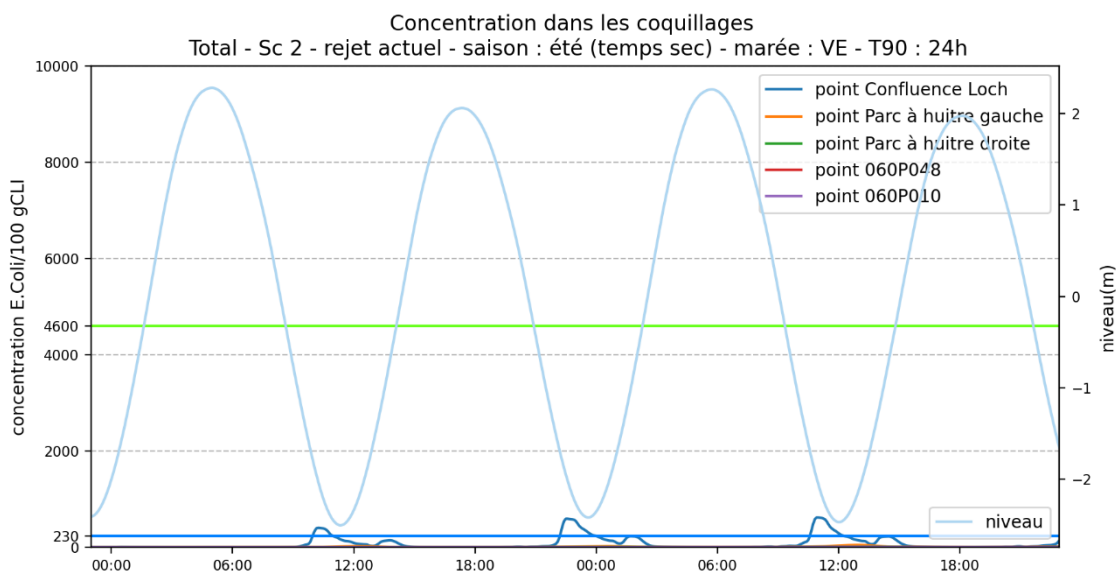


Figure 4-11: : Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 2

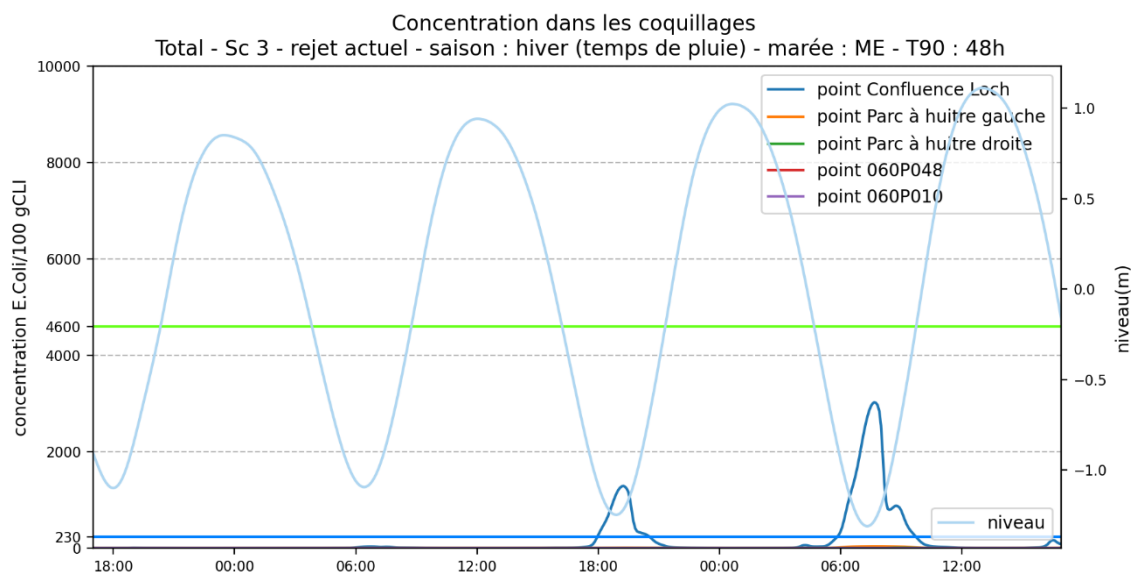


Figure 4-12: : Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 3

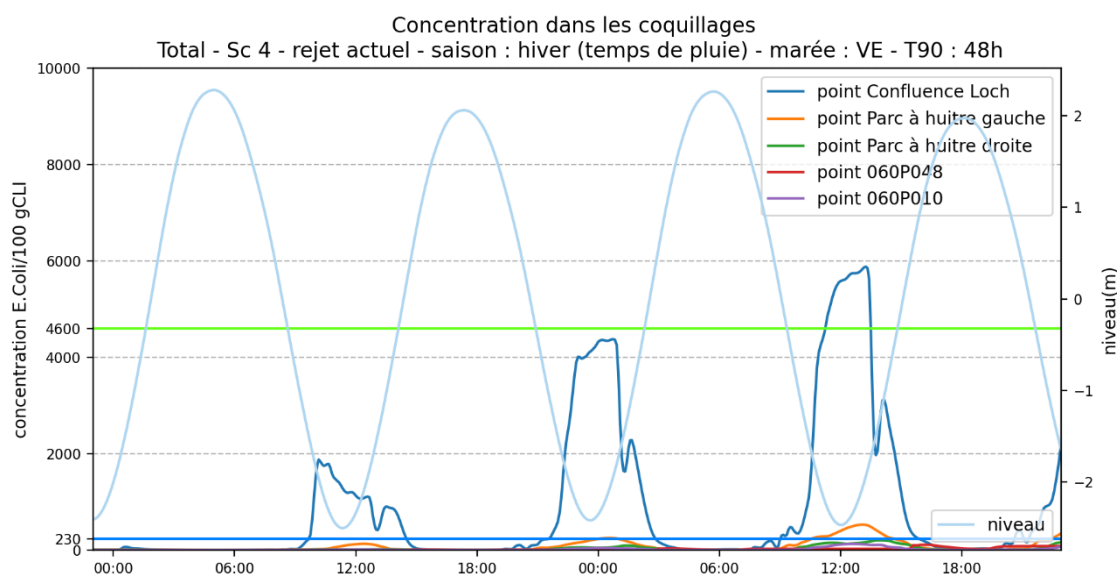


Figure 4-13: : Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 4

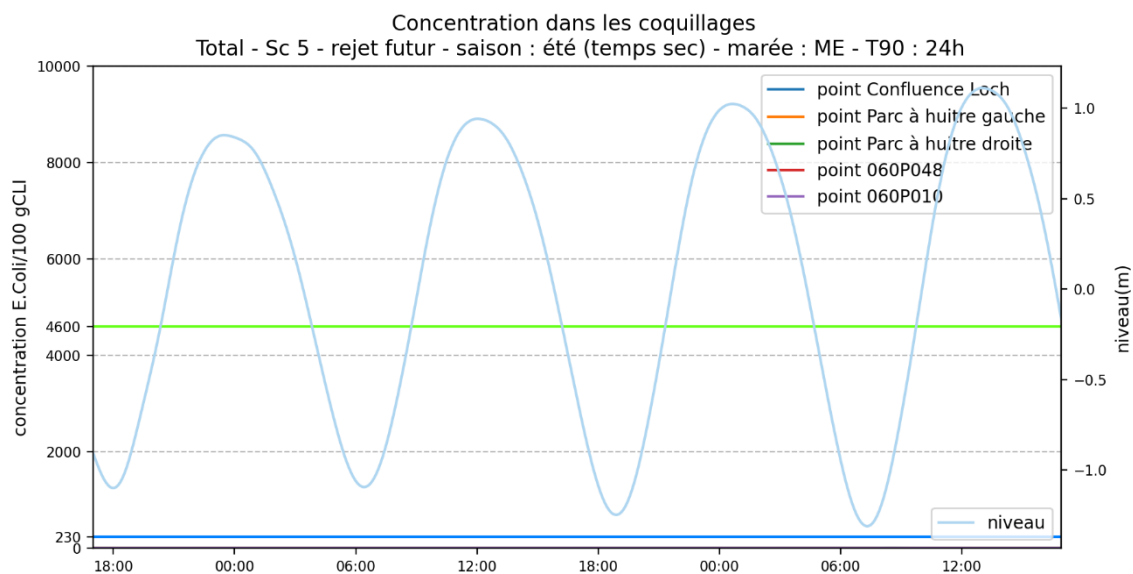


Figure 4-14:: Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 5

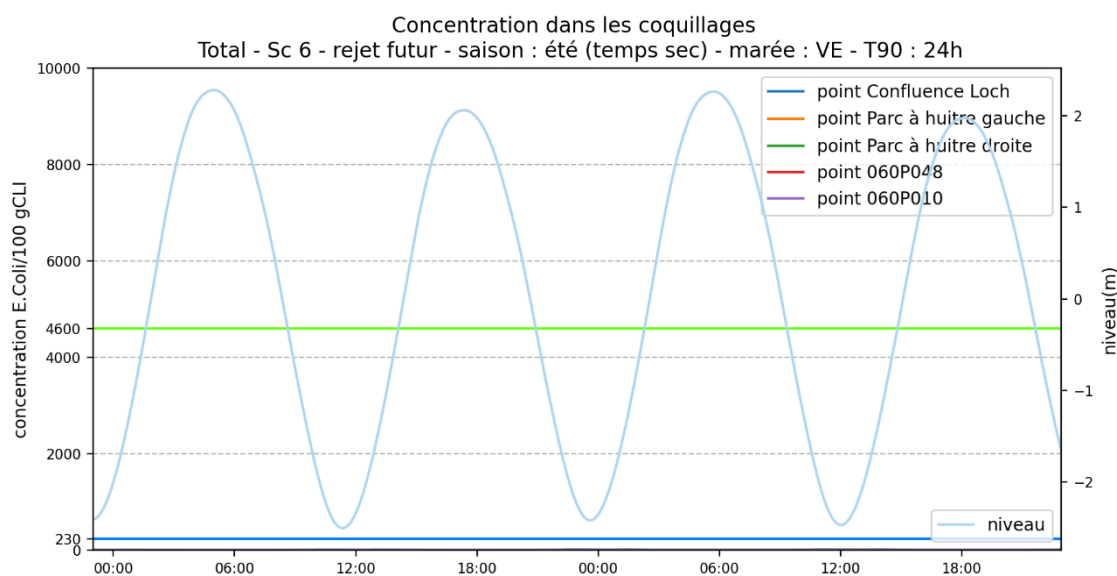


Figure 4-15: : Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 6

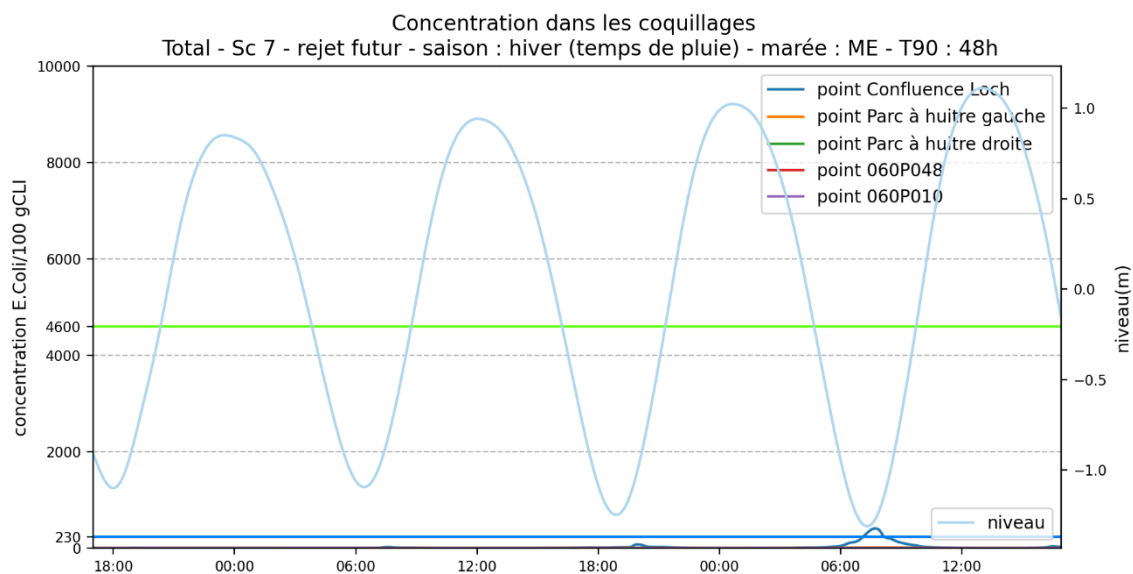


Figure 4-16: : Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 7

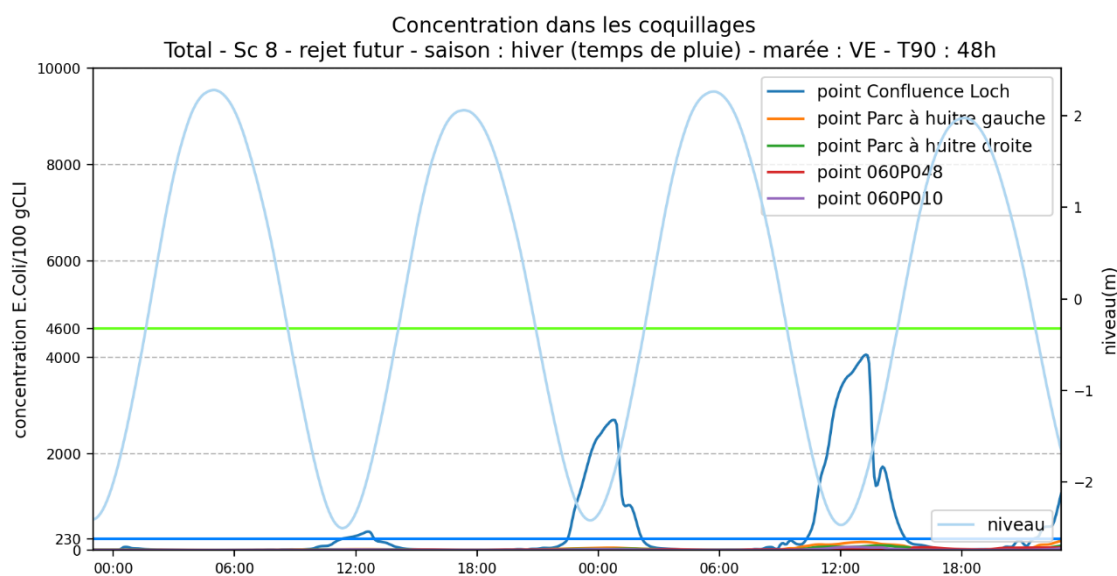


Figure 4-17: Evolution temporelle de la concentration en E.coli dans les coquillages – Scénario 8

4.2 AZOTE ET PHOSPHORE

Les résultats des simulations pour l'azote et le phosphore sont analysés à partir des :

- Cartes de concentration maximale en azote et phosphore au cours de la simulation pour les 2 scénarios les plus défavorables.
- Cartes de dilution minimale d'un traceur passif pour les 2 scénarios les plus défavorables

4.2.1 CARTES DE CONCENTRATION MAXIMALE EN AZOTE ET PHOSPHORE

Les cartes de concentration maximale montrent que l'enveloppe maximale du panache est sensiblement identique entre le scénario futur et le scénario actuel de rejet de la STEP.

La concentration en azote et phosphore au niveau des points de suivis ne dépasse pas les 0.2 mg/L.

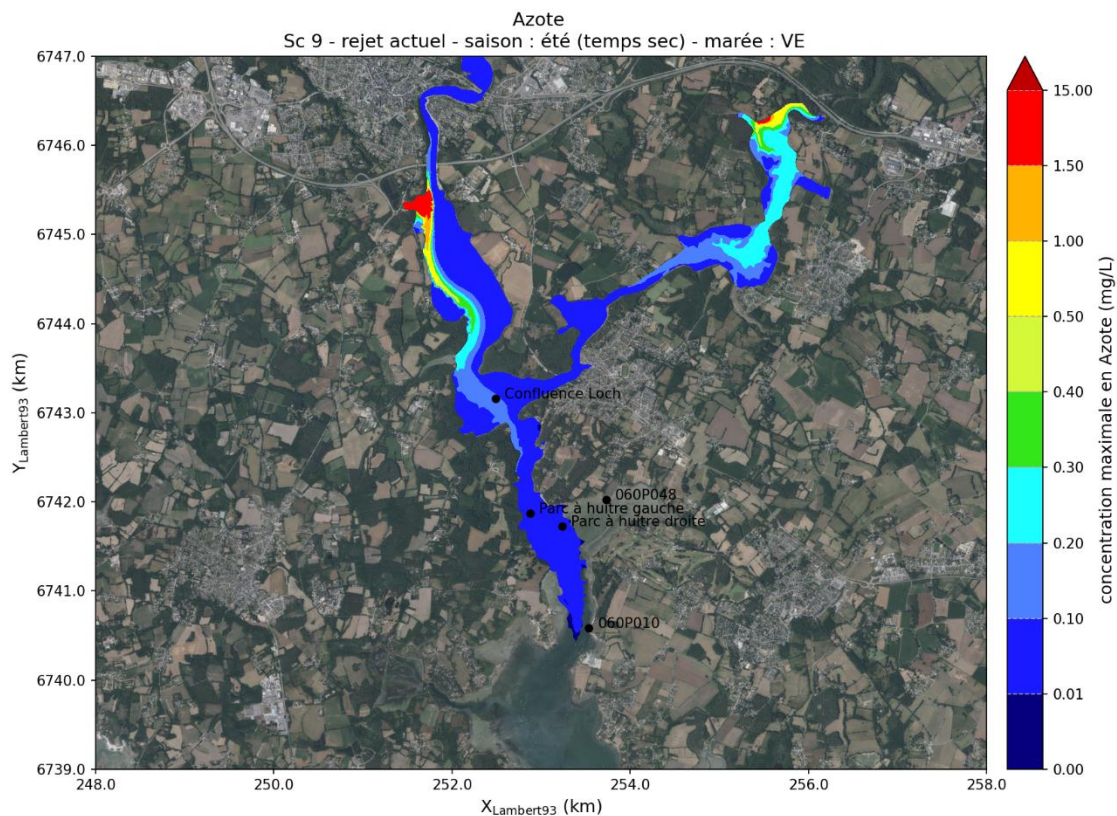


Figure 4-18 : Carte de concentration maximal en Azote – rejet actuel – Sc9

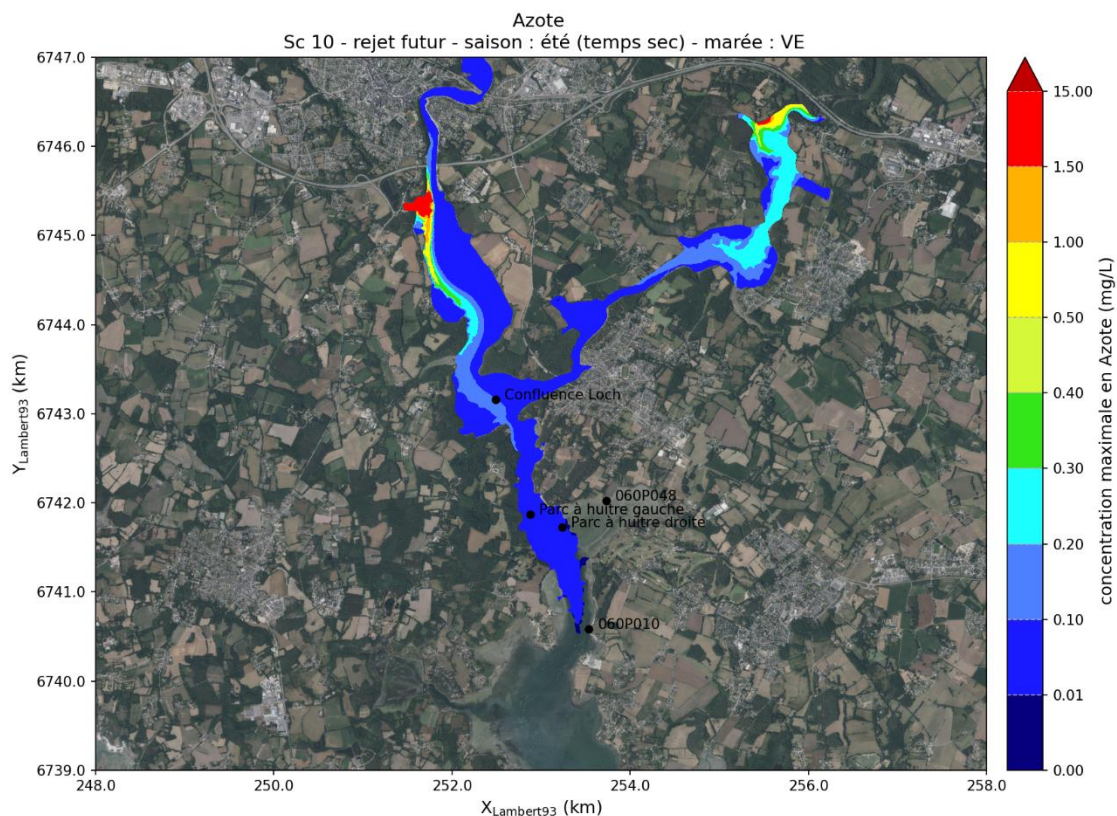


Figure 4-19: Carte de concentration maximale en Azote - rejet futur - Sc10

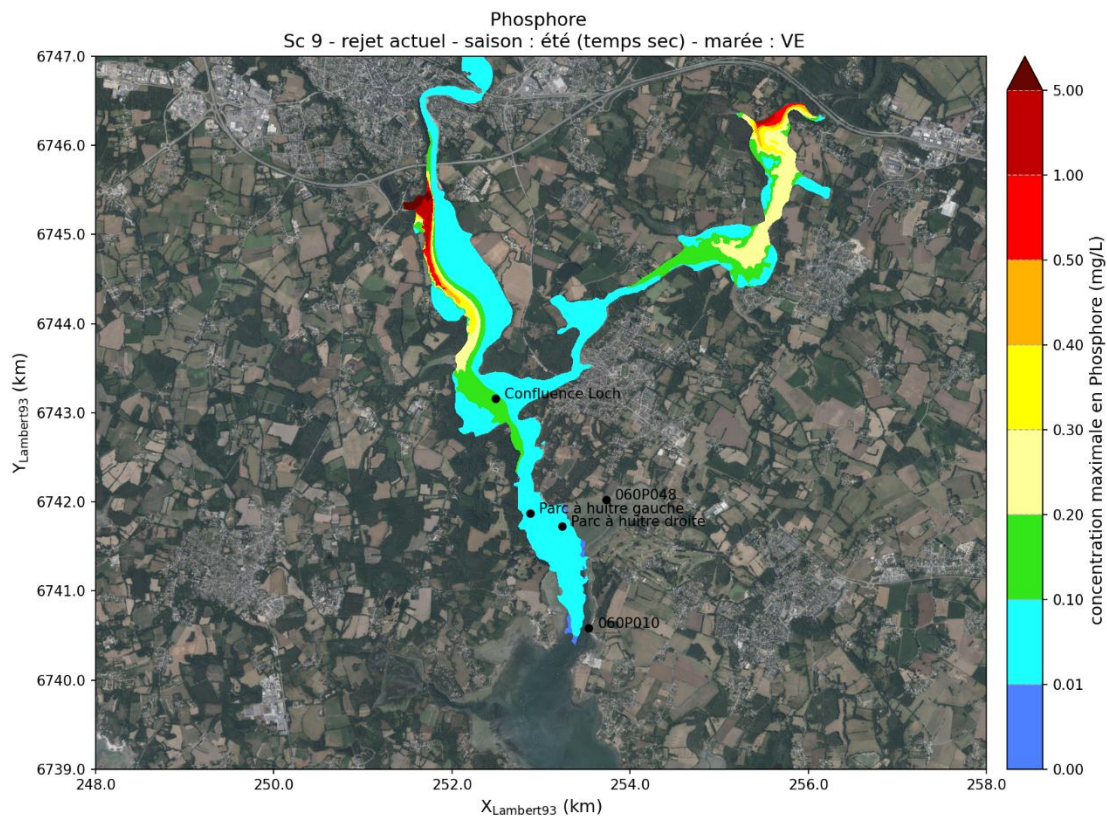


Figure 4-20: Carte de concentration maximale en phosphore – rejet actuel – Sc9

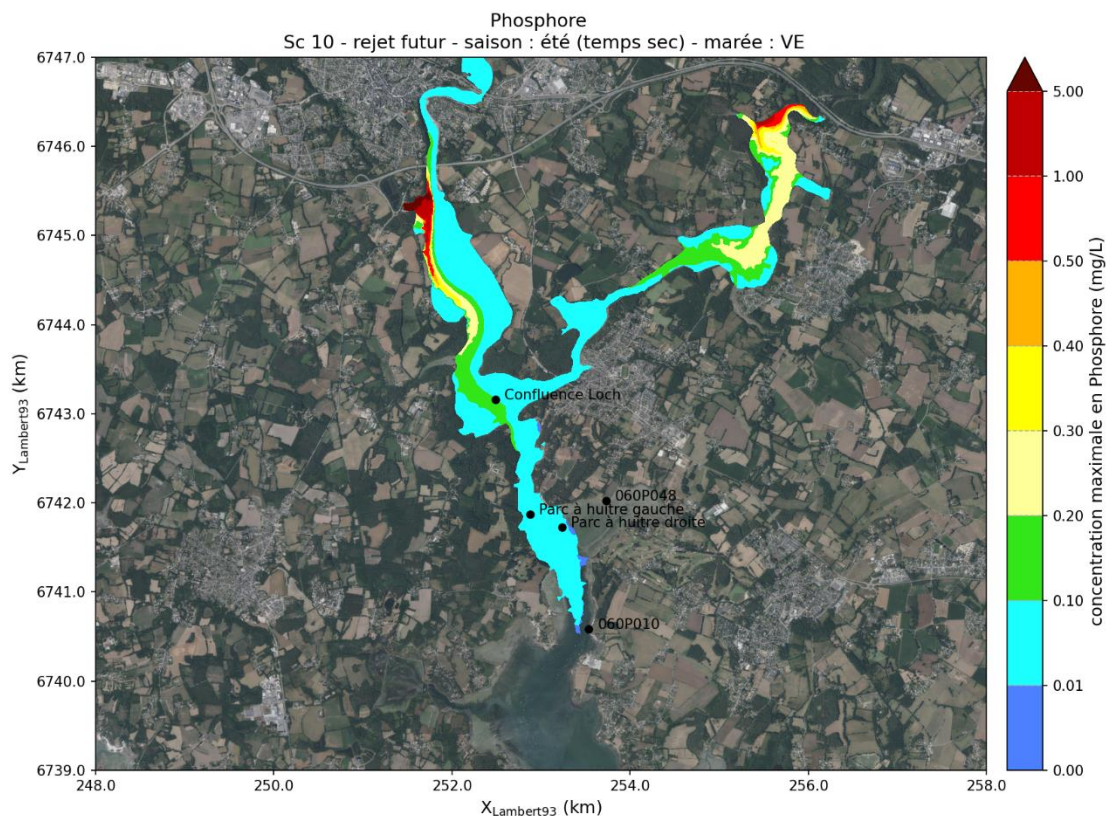


Figure 4-21: Carte de concentration maximale en phosphore – rejet futur – Sc10

4.2.2 CARTES DE DILUTION MINIMALE

Les cartes suivantes présentent la dilution minimale des rejets au cours de la simulation. Le facteur de dilution représenté peut être appliqué à n'importe quelle concentration initiale et permet donc d'avoir un ordre de grandeur du panache dans les conditions météo-océaniques modélisées.

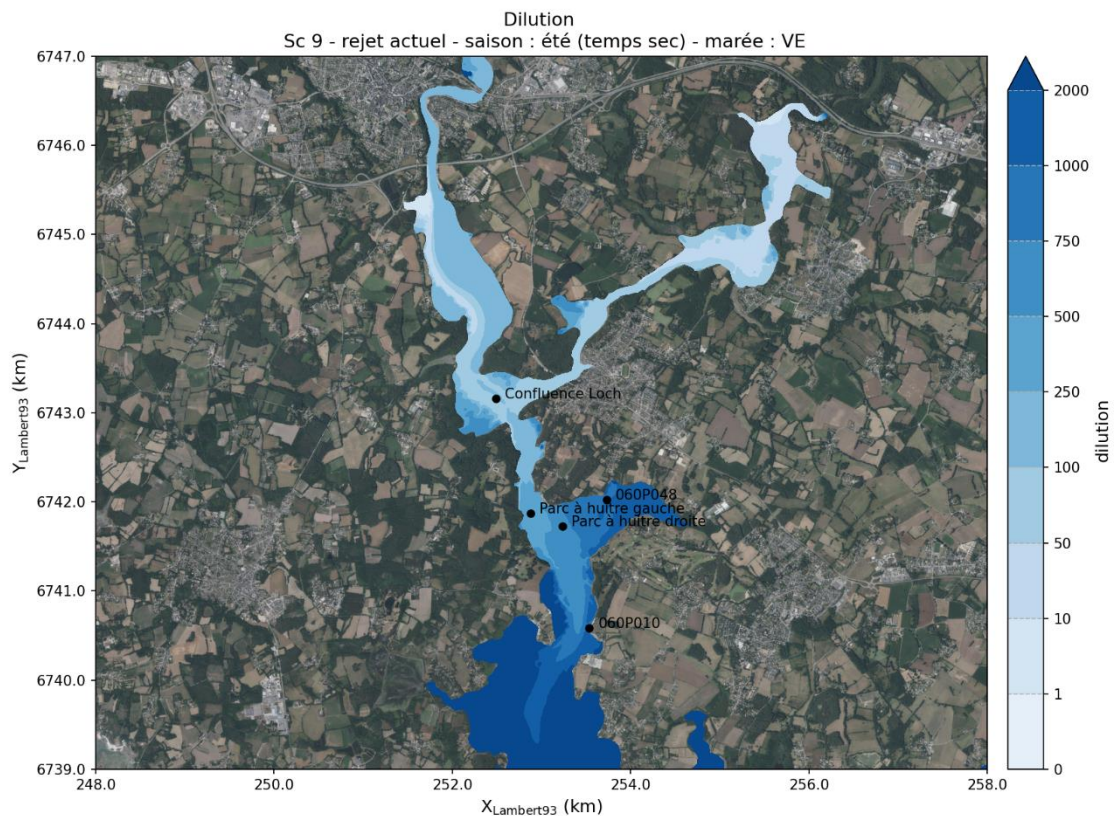


Figure 4-22: Cartes de dilution d'un traceur passif - Sc9

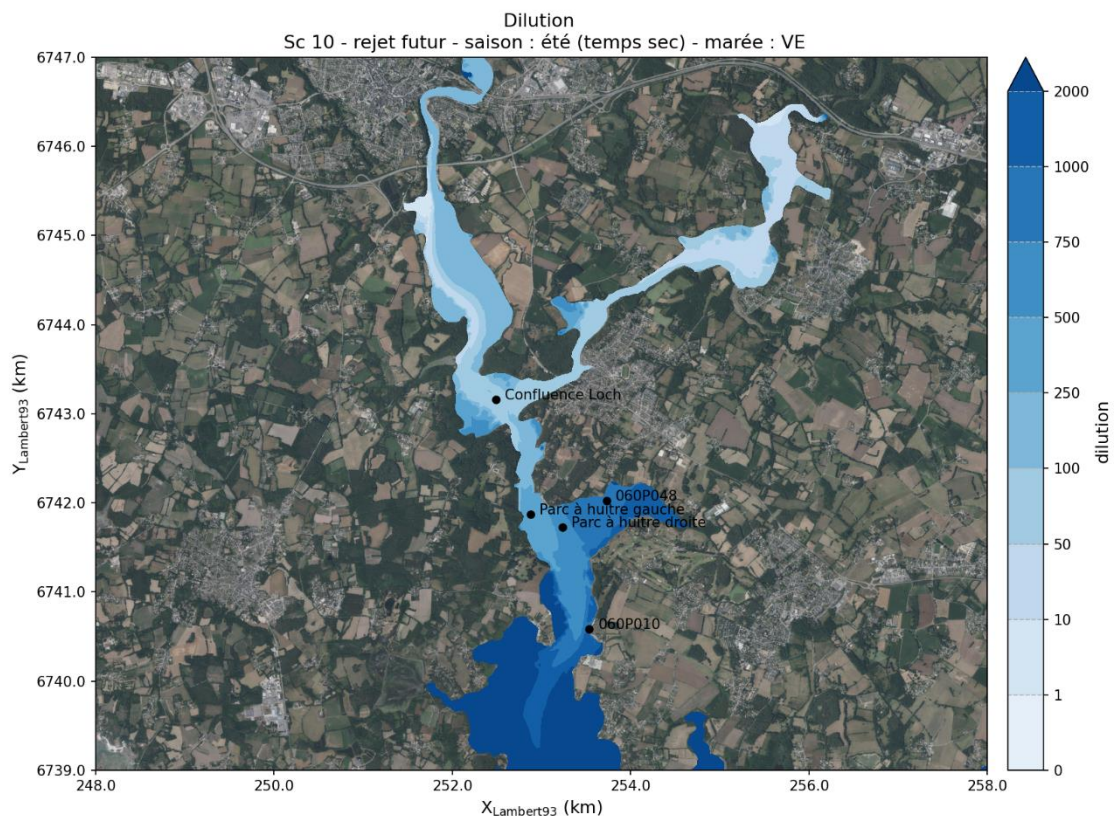


Figure 4-23: Cartes de dilution d'un traceur passif – Sc10