

RAPPORT FINAL

**Rétrospection hydrodynamique et de la qualité de l'eau à la plage Parlee  
(Nouveau-Brunswick)**

Présenté au

**Ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-  
Brunswick**

Division de la science et de la protection de l'environnement

C.P. 6000

Fredericton (Nouveau-Brunswick) E3B 5H1

Présenté par

**Wood Environment & Infrastructure Solutions,  
une division de Wood Canada Limited**

50 Troop Avenue, bureau 300

Dartmouth (N.-É.) B3B 1Z1

22 avril 2019

Projet Wood n° TA1880802

#### **AVIS IMPORTANT**

Le présent rapport a été préparé à l'usage exclusif du ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick par Wood Environment & Infrastructure Solutions, une division de Wood Canada Limited (Wood). La qualité des renseignements, des conclusions et des estimations présentées ci-après est conforme au degré d'effort déployé dans le cadre des services de Wood et repose sur i) les renseignements disponibles au moment de la préparation, ii) les données fournies par des sources externes et iii) les hypothèses, les conditions et les réserves énoncées dans le présent rapport. Le présent rapport est réservé à l'usage exclusif du ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick, sous réserve des conditions du contrat qu'il a conclu avec Wood. Toute autre utilisation du présent rapport par un tiers ou le fait pour un tiers de s'appuyer sur celui-ci implique qu'il le fait à ses propres risques.

## TABLE DES MATIÈRES

1.0	INTRODUCTION .....	6
1.1	Objectifs.....	6
1.1.1	Aperçu du rapport.....	6
2.0	PROCESSUS RELATIFS À LA QUALITÉ DE L'EAU ET ÉLABORATION DE SCÉNARIOS DE RÉTROSPECTION .....	7
2.1	Aperçu des processus relatifs à la qualité de l'eau dans la baie de Shediac .....	7
2.2	Événements choisis pour la modélisation de la qualité de l'eau .....	9
3.0	MÉTHODOLOGIE DE MODÉLISATION.....	15
3.1	Préparation du modèle hydrodynamique au moyen de Delft3D .....	15
3.2	Préparation du modèle de qualité de l'eau .....	17
4.0	RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION POUR LES DÉPASSEMENTS ET LE NON-DÉPASSEMENT CHOISIS .....	19
4.1	Voies de transport probables et emplacement des sources de polluants pour les dépassements et le non-dépassement.....	19
4.1.1	Événement 1 : dépassement du 23 juillet 2017 .....	20
4.1.2	Événement 2 : dépassement du 22 août 2017.....	21
4.1.3	Événement 3 : dépassement du 2 septembre 2017 .....	21
4.1.4	Événement 4 : non-dépassement du 7 septembre 2017.....	22
4.2	Facteurs météorologiques et océanographiques influant sur les voies de transport des polluants vers la plage Parlee.....	28
5.0	CONCLUSIONS .....	39
6.0	MOT DE LA FIN .....	42
7.0	BIBLIOGRAPHIE.....	43

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 : Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada.7	
Tableau 2-2 : Résumé des processus et des ensembles de données relatifs à la qualité de l'eau dans la baie de Shediac et à la plage Parlee .....	8
Tableau 2-3 : Résumé des événements servant à la simulation rétrospective de la qualité de l'eau à la plage Parlee.....	9

## LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 Données bactériennes et météorologiques relatives au dépassement du 23 juillet 2017.....	11
Figure 2-2 Données bactériennes et météorologiques relatives au dépassement du 22 août 2017.....	12

Figure 2-3 Données bactériennes et météorologiques relatives au dépassement du 2 septembre 2017.....	13
Figure 2-4 Données bactériennes et météorologiques relatives au non-dépassement du 7 septembre 2017. .....	14
Figure 3-1 Élévation du lit selon le modèle hydrodynamique et de qualité de l'eau Delft3D .....	16
Figure 3-2 Emplacements des sources potentielles où des déversements sont faits dans le modèle de qualité de l'eau Delft3D. Les emplacements sont situés dans la partie nord de la baie de Shediac (A, B et C), au centre de la baie de Shediac (D, E et F) et dans la partie sud de la baie de Shediac (G, H, I et J), ainsi qu'aux limites de la plage Parlee (K et L) et à l'est de la plage Parlee (M et N). .....	18
Figure 4-1 Résultats de la matrice de contribution des sources potentielles concernant le dépassement du 23 juillet .....	23
Figure 4-2 Résultats de la matrice de contribution des sources potentielles concernant le dépassement du 22 août.....	24
Figure 4-3 Résultats de la matrice de contribution des sources potentielles concernant le dépassement du 2 septembre .....	25
Figure 4-4 Résultats de la matrice de contribution des sources potentielles concernant le non-dépassement du 7 septembre .....	26
Figure 4-5 Comparaison des résultats de la matrice de contribution des sources potentielles pour les quatre événements modélisés .....	27
Figure 4-6 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source H6 précédant le dépassement du 2 septembre, le 1 <sup>er</sup> septembre à 20 h.....	30
Figure 4-7 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source H6 précédant le dépassement du 2 septembre, le 2 septembre à 9 h.....	31
Figure 4-8 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source H6 précédant le dépassement du 2 septembre, le 2 septembre à 13 h.....	32
Figure 4-9 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source H6 précédant le dépassement du 2 septembre, le 2 septembre à 15 h.....	33
Figure 4-10 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source H6 précédant le non-dépassement du 7 septembre, le 5 septembre à 23 h.....	34
Figure 4-11 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source H6 précédant le non-dépassement du 7 septembre, le 6 septembre à 19 h.....	35
Figure 4-12 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source H6 précédant le non-dépassement du 7 septembre, le 6 septembre à 22 h.....	36
Figure 4-13 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source A5 précédant le dépassement du 23 juillet, le 22 juillet à 23 h.....	37
Figure 4-14 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source A5 précédant le dépassement du 2 septembre, le 1 <sup>er</sup> septembre à 4 h .....	38

## LISTE DES ANNEXES

- ANNEXE A : Série chronologique de concentration bactérienne modélisée (unité nominale) à la plage Parlee pour toutes les sources possibles de substances polluantes liées au dépassement 1 (23 juillet 2017)
- ANNEXE B : Série chronologique de concentration bactérienne modélisée (unité nominale) à la plage Parlee pour toutes les sources possibles de substances polluantes liées au dépassement 2 (22 août 2017)
- ANNEXE C : Série chronologique de concentration bactérienne modélisée (unité nominale) à la plage Parlee pour toutes les sources possibles de substances polluantes liées au dépassement 3 (2 septembre 2017)
- ANNEXE D : Série chronologique de concentration bactérienne modélisée (unité nominale) à la plage Parlee pour toutes les sources possibles de substances polluantes liées au non-dépassement (événement 4) (7 septembre 2017)

## 1.0 INTRODUCTION

Wood Environment & Infrastructure Solutions, une division de Wood Canada Limited (Wood), a préparé la présente étude de modélisation de l'hydrodynamique et du transport des substances polluantes près de la plage Parlee, au Nouveau-Brunswick, pour aider le ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick à comprendre la façon dont les bactéries ont été transportées dans l'environnement côtier au cours de certaines périodes antérieures.

La présente étude s'appuie sur l'étude de modélisation mise en œuvre en 2017 par Wood (qui exerçait auparavant ses activités sous le nom d'Amec Foster Wheeler), en exploitant et en renforçant les capacités du modèle élaboré précédemment pour représenter les récentes conditions de météocécane et inclure une gamme élargie de sources susceptibles d'avoir contribué aux dépassements des limites recommandées de qualité de l'eau observés dans le passé.

### 1.1 Objectifs

Dans le rapport final qu'il a présenté au gouvernement du Nouveau-Brunswick en avril 2018, le Comité directeur de la qualité de l'eau de la plage Parlee est arrivé aux conclusions suivantes :

*La plage Parlee est vulnérable à des épisodes périodiques de mauvaise qualité de l'eau, probablement attribuables à des sources de bactéries provenant de l'intérieur du bassin hydrographique qui atteignent la plage Parlee lorsqu'il y a certaines combinaisons de conditions météorologiques et océanographiques. Il ne semble pas exister une forte corrélation entre les numérations de bactéries et la plupart des paramètres, mais les données recueillies à ce jour tendent à indiquer que la direction du vent et possiblement la hauteur de la marée pourraient constituer des facteurs importants.*

La présente étude vise à appuyer la recommandation 2 du Comité directeur, qui fait référence au modèle présenté initialement par l'étude d'Amec Foster Wheeler (2017) :

*Se servir du modèle hydrodynamique afin de valider les voies de transport liées aux déversements actuels dans la baie (concentrations, volumes, conditions météorologiques).*

La présente étude a par conséquent été guidée par deux objectifs principaux :

1. modéliser les voies de transport des polluants à partir des sources potentielles en ce qui a trait aux dépassements relevés ainsi qu'aux conditions favorisant une bonne qualité de l'eau;
2. évaluer la plausibilité de la détermination des conditions océanographiques et météorologiques susceptibles de contribuer à l'augmentation des niveaux de bactéries à la plage Parlee.

#### 1.1.1 Aperçu du rapport

Le rapport est structuré comme suit. La section suivante 2.0 présente un aperçu des processus pertinents relatifs à la qualité de l'eau ainsi que les données existantes sur lesquelles s'appuie l'élaboration de scénarios de rétrospection pour les récents dépassements des limites recommandées de qualité de l'eau. La section 3.0 décrit la méthodologie de modélisation utilisée pour simuler de façon rétrospective les conditions hydrodynamiques passées et le transport de substances polluantes lors de certains événements rétrospectifs. La section 4.0 présente les résultats de la modélisation des événements simulés de façon rétrospective, tandis que la section 5.0 résume les conclusions et les recommandations de l'étude.

## 2.0 PROCESSUS RELATIFS À LA QUALITÉ DE L'EAU ET ÉLABORATION DE SCÉNARIOS DE RÉTROSPECTION

Les scénarios retenus pour la rétrospection hydrodynamique et de la qualité de l'eau ont été choisis en se fondant sur l'examen des mesures de la qualité de l'eau (niveaux de bactéries) à la plage Parlee qui sont disponibles ainsi que des données météorologiques locales et régionales. Trois périodes passées (événements) ont été retenues en fonction des mesures de dépassement des limites recommandées de qualité de l'eau mettant en cause la bactérie *E. coli* ou des entérocoques ainsi que d'une période pendant laquelle des conditions favorisant une bonne qualité de l'eau ont été observées (sans dépassement des limites recommandées) à la plage Parlee. Au cours de la période durant laquelle on a observé une eau de bonne qualité, il y avait des sources apparentes de contamination dans la baie de Shediac et les zones côtières adjacentes.

Les sections qui suivent offrent un aperçu des processus relatifs à la qualité de l'eau examinés, ainsi que des caractéristiques et des limites des ensembles de données accessibles, et décrivent les conditions qui régnaient pendant les événements passés retenus.

### 2.1 Aperçu des processus relatifs à la qualité de l'eau dans la baie de Shediac

Plusieurs processus seraient à l'origine des concentrations de bactéries *Escherichia coli* (*E. coli*) et d'entérocoques qui influent sur la qualité de l'eau à la plage Parlee. La contamination bactérienne dans l'environnement côtier pourrait provenir d'un certain nombre de sources de matières fécales, notamment les eaux usées rejetées par les systèmes septiques, des sources dispersées comme les animaux et les oiseaux, ainsi que le ruissellement des eaux d'orage provenant des zones agricoles et à forte densité de population. Le transport des bactéries libérées et les concentrations qui en résultent en aval sont également influencés par les voies de pénétration des bactéries dans le milieu récepteur, y compris le débit fluvial, le ruissellement pluvial des terres en périodes de précipitations et autres déversements. La qualité des eaux de la plage Parlee utilisées à des fins récréatives est évaluée en fonction des *Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada* (Tableau 2-1).

**Tableau 2-1 : Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada**

<i>E. coli</i>		Entérocoque	
Concentration maximale dans un échantillon unique	Moyenne géométrique des cinq derniers échantillons	Concentration maximale dans un échantillon unique	Moyenne géométrique des cinq derniers échantillons
400 NPP/100ml	200 NPP/100 ml	70 NPP/100ml	35 NPP/100 ml

La prolifération ou la décomposition des concentrations bactériennes dans l'environnement côtier océanique au fil du temps est aussi déterminée par un certain nombre de facteurs, notamment la turbidité des eaux côtières, la concentration et la composition de l'ensemble des solides en suspension, les propriétés de l'eau de mer comme la salinité et le pH, l'irradiation solaire, les taux de mélange vertical, etc. De plus, les bactéries pourraient se déposer avec les sédiments côtiers auxquels elles se seraient fixées et être remobilisées par des perturbations

météorologiques ou l'activité humaine pour venir s'ajouter aux sources de niveaux élevés de bactéries observés à certains endroits. Enfin, les caractéristiques de circulation des eaux océaniques côtières influent sur le transport et la dispersion des bactéries dans l'environnement et peuvent faire en sorte qu'elles parviennent à la plage Parlee lorsque les bonnes conditions de transport à partir des sources sont réunies. L'accessibilité des données et l'incidence de la modélisation d'événements passés associés à ces processus sont résumées au .

Bien que les mesures quotidiennes des concentrations bactériennes à la plage Parlee fournissent une excellente base pour évaluer la qualité de l'eau et effectuer une comparaison avec les résultats de la modélisation, l'afflux potentiel de bactéries à l'emplacement des sources plausibles est peu entravé en raison de l'absence de données sur les débits de déversement et un échantillonnage relativement peu fréquent. De plus, les données recueillies *in situ* qui pourraient permettre d'estimer la prolifération ou la décomposition bactérienne dans le milieu récepteur sont également limitées.

Afin de contourner la limitation des données, la présente étude adopte une démarche axée sur l'introduction de flux bactériens nominaux à l'emplacement d'un certain nombre de sources potentielles et examine l'éventail complet des voies de transport potentielles vers la plage Parlee. Les déversements provenant de l'emplacement de chaque source et le jour du rejet sont distincts et traçables séparément; ils ne se mélangent donc pas dans le modèle et il est possible de remonter au moment et à l'emplacement d'origine de toute concentration bactérienne détectée à la plage. Par conséquent, les mesures quotidiennes effectuées à la plage Parlee fournissent une base permettant d'évaluer la plausibilité relative de chaque source ayant contribué chaque jour aux niveaux de bactéries, en fonction du moment et de la concentration du panache provenant de chaque source.

Compte tenu des connaissances limitées que nous avons relativement à la prolifération ou à la décomposition bactérienne possible dans la baie de Shediac au cours d'une période passée donnée, la présente étude suppose qu'il n'y a aucun taux de décomposition et que les concentrations dépendent de l'advection physique et de la dispersion des panaches bactériens libérés pendant la durée des simulations.

**Tableau 2-2 : Résumé des processus et des ensembles de données relatifs à la qualité de l'eau dans la baie de Shediac et à la plage Parlee**

Processus	Données disponibles	Incidences sur la modélisation
<b>Taux d'écoulement fluvial et terrestre</b>	Aucune donnée récente disponible. Moyenne des déversements fluviaux passés disponible.	Les flux des déversements contaminés dans l'environnement côtier sont imprécis.
<b>Concentrations bactériennes dans les sources fluviales et d'écoulement</b>	Données disponibles à divers emplacements du FFE <sup>1</sup> et du PRBH <sup>2</sup> une ou deux fois par mois. De nombreuses sources situées en amont de la baie de Shediac ont des voies de transport vers le milieu récepteur qui sont inconnues.	En raison de la faible fréquence d'échantillonnage, les concentrations des scénarios de modélisation sont mal définies (un échantillonnage horaire ou quotidien est requis).
<b>Concentrations bactériennes à la plage Parlee</b>	Des mesures quotidiennes sont accessibles à cinq endroits le long de la plage.	Les données fournissent une bonne base permettant la détection des dépassements des limites

FFE : Fonds en fiducie pour l'environnement.

PRBH : Programme de reconnaissance du bassin hydrographique.

		recommandées et l'évaluation du modèle.
<b>Taux de décomposition bactérienne</b>	Aucune donnée <i>in situ</i> n'est disponible.	Les taux de décomposition ou de prolifération ne sont pas définis/limités.
<b>Concentration totale des solides en suspension dans les eaux côtières</b>	Aucune donnée <i>in situ</i> n'est disponible.	Les taux de décomposition bactérienne dépendent en partie du TSS et il est difficile de les limiter selon l'examen de la documentation.
<b>Concentration bactérienne et taux de mobilisation des sédiments côtiers</b>	Aucune donnée <i>in situ</i> n'est disponible.	La possibilité que des sources de bactéries soient présentes dans les sédiments côtiers est inconnue.
<b>Circulation et transport océaniques</b>	Aucune donnée <i>in situ</i> sur les courants n'est disponible. Des données sur le niveau des eaux de marée sont disponibles pour la validation du modèle.	Il est impossible d'effectuer une validation rigoureuse du modèle sans données <i>in situ</i> sur les courants.

## 2.2 Événements choisis pour la modélisation de la qualité de l'eau

Les observations antérieures disponibles ont été examinées et quatre événements ont été choisis pour procéder à une modélisation détaillée : les trois premiers présentent des niveaux élevés de bactéries entraînant des dépassements des limites recommandées de qualité de l'eau à la plage Parlee, tandis que le quatrième correspond à une période pendant laquelle la qualité de l'eau était bonne malgré des facteurs apparents qui pourraient avoir contribué à des niveaux élevés. Les dates des événements choisis sont fournies au , y compris la plage de dates auxquelles des sources de bactéries hypothétiques ont été introduites et étudiées dans le modèle, au cours de chacun des sept jours précédant chaque événement.

Les concentrations bactériennes relevées à la plage Parlee (moyennes géométriques) pour chacun des événements choisis sont présentées de la à la , en plus de données locales et régionales relatives aux précipitations et aux vents, de même qu'un aperçu des concentrations d'*E. coli* à l'emplacement des sources potentielles dans la baie de Shediac au cours de la semaine précédant l'événement. Il existe des écarts notables entre les mesures locales des vents et des précipitations à la plage Parlee et les ensembles de données régionales (nouvelle analyse CFSv2 des vents effectuée par les NCEP [2019] et données sur les précipitations relevées par télédétection à l'aide de la CMORPH par la NOAA [2019]), ce qui met en évidence la nécessité d'examiner un plus grand nombre de sources qui influent sur les processus océaniques côtiers à plus grande échelle dans le contexte du modèle.

**Tableau 2-3 : Résumé des événements servant à la simulation rétrospective de la qualité de l'eau à la plage Parlee**

<b>ID de l'événement</b>	<b>Description</b>	<b>Dates des déversements des sources potentielles (7 jours consécutifs)</b>
Événement 1 : 23 juillet 2017	Dépassement des limites recommandées tant pour l' <i>E. coli</i> que pour les entérocoques.	Du 16 au 22 juillet 2017

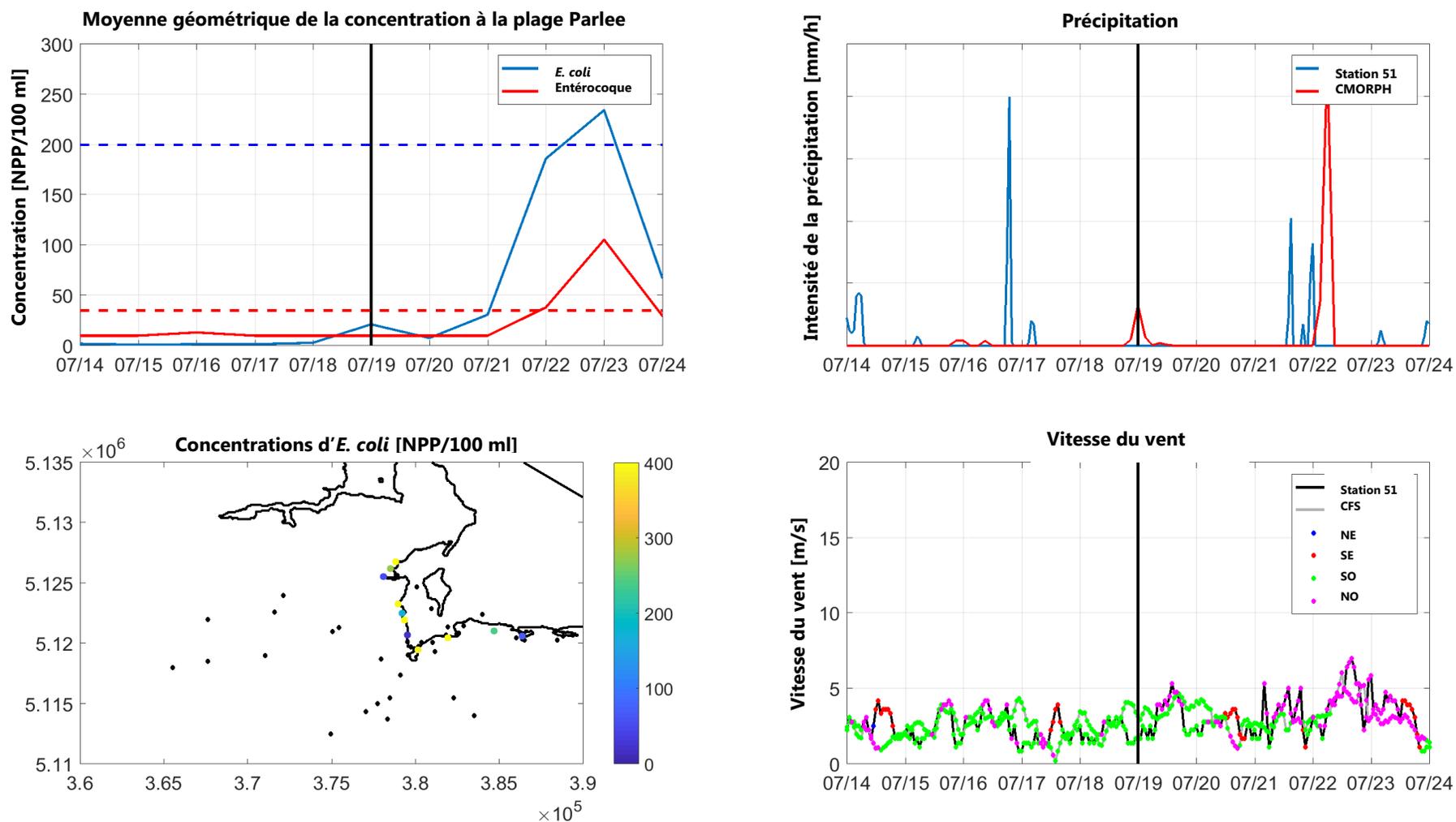
Événement 2 : 22 août 2017	Dépassement des limites recommandées tant pour l' <i>E. coli</i> que pour les entérocoques.	Du 15 août au 21 août 2017
Événement 3 : 2 septembre 2017	Dépassement des limites recommandées pour les entérocoques, niveaux élevés d' <i>E. coli</i> inférieurs aux recommandations.	Du 26 août au 1 <sup>er</sup> septembre 2017
Événement 4 : 7 septembre 2017	Aucun niveau dépassé tant pour l' <i>E. coli</i> que pour les entérocoques et présence possible de sources de contamination.	Du 31 août au 6 septembre 2017

Dans le cas du premier événement, les données sur la concentration bactérienne recueillies le 19 juillet aux points d'échantillonnage de la baie de Shediac indiquent la présence d'un certain nombre de sources potentielles le long de la côte avant le dépassement, qui pourraient être liées aux précipitations des jours précédents, soit les 16 et 17 juillet ou le 19 juillet. Compte tenu des données limitées recueillies aux points d'échantillonnage qui pourraient définir l'afflux de bactéries dans le milieu récepteur, des déversements hypothétiques de même concentration nominale sont examinés à tous les emplacements d'une source de bactéries plausible au cours de chacun des sept jours précédant le dépassement des limites recommandées qui a été observé.

Le deuxième événement modélisé fait état du dépassement des deux limites recommandées le 22 août 2017 à la plage Parlee. Des taux élevés de bactéries avaient été relevés à certains points d'échantillonnage situés au sud de la baie de Shediac le 21 août, qui pourraient être associés aux précipitations des jours précédents. Ce scénario comprend des déversements hypothétiques du 15 au 21 août à tous les emplacements aux fins de prévisions de l'événement observé le 22 août.

Le troisième événement est fondé sur le dépassement des limites recommandées pour les entérocoques le 2 septembre 2017 et les niveaux élevés d'*E. coli* concomitants à la plage le même jour. Les quelques données recueillies aux points d'échantillonnage des emplacements de sources potentielles n'ont fait état d'aucune concentration élevée. Toutefois, les précipitations de la semaine précédente pourraient avoir généré des déversements contaminés dans l'environnement côtier. Les déversements hypothétiques inclus dans le modèle se sont échelonnés du 26 août au 1<sup>er</sup> septembre et les résultats du modèle ont été produits le 2 septembre aux fins de comparaison avec les données observées à la plage Parlee.

Enfin, le quatrième événement est axé sur la bonne qualité de l'eau observée à la plage Parlee le 7 septembre, alors que les niveaux de bactéries étaient inférieurs aux deux limites recommandées de qualité de l'eau. Le même jour, des niveaux élevés de bactéries ont été recensés à la plupart des points d'échantillonnage le long de la baie de Shediac. Par conséquent, le non-dépassement des limites recommandées à la plage Parlee a été vu comme une occasion d'étudier les conditions météorologiques et océanographiques qui pourraient empêcher le transport des contaminants vers la plage Parlee au cours de certaines périodes, même s'il y en a dans la baie de Shediac.



**Figure 2-1 Données bactériennes et météorologiques relatives au dépassement du 23 juillet 2017**

**Remarques :** Coin supérieur gauche : moyenne géométrique des concentrations bactériennes à la plage Parlee. Coin inférieur gauche : concentration d'*E. coli* aux sources potentielles le 19 juillet. Coin supérieur droit : série chronologique des précipitations locales (station 51) et régionales (CMORPH). Coin inférieur droit : vitesse du vent locale (station 51) et régionale (CFS) avec code de couleurs indiquant le secteur directionnel (provenance).

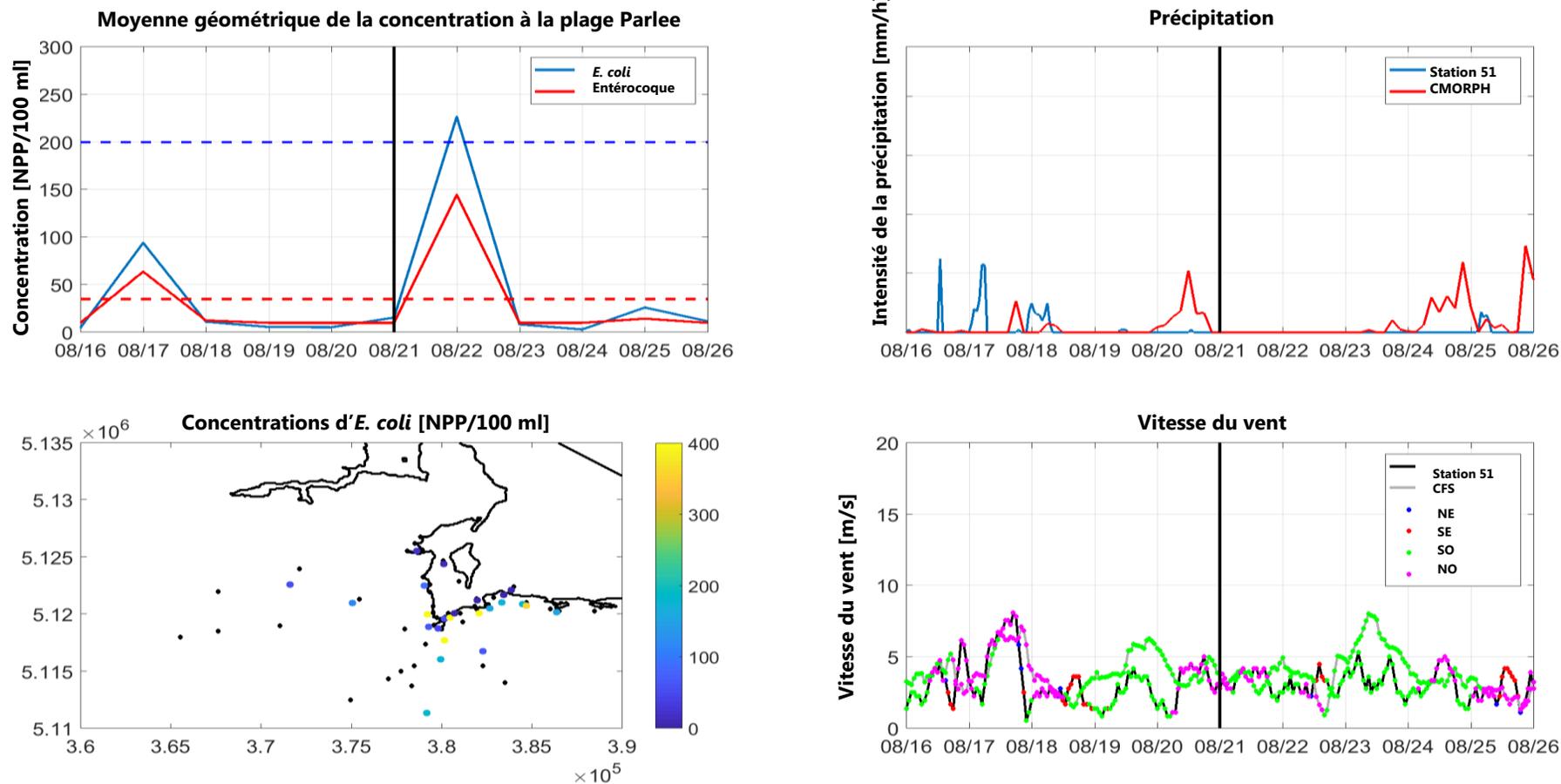
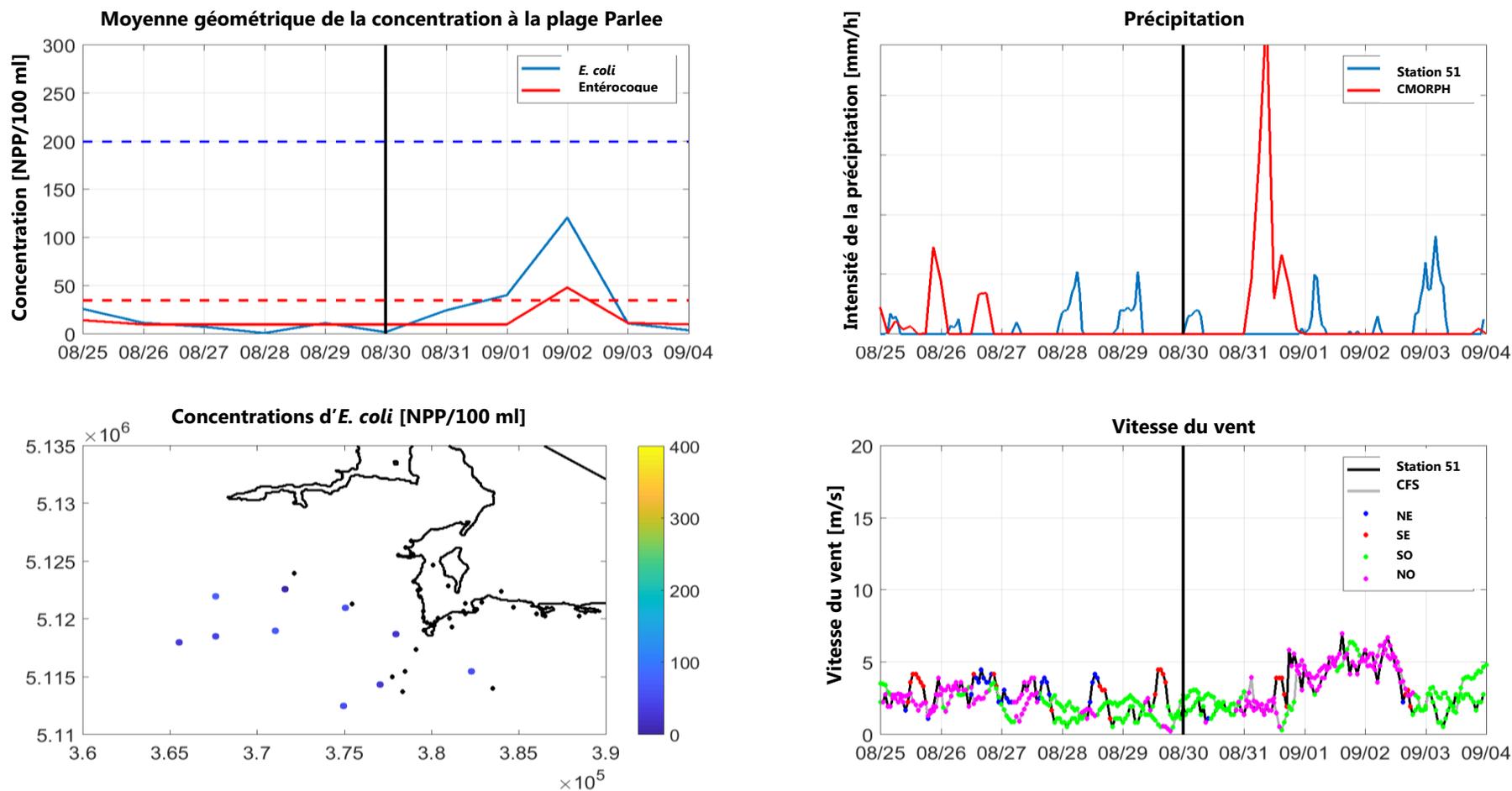


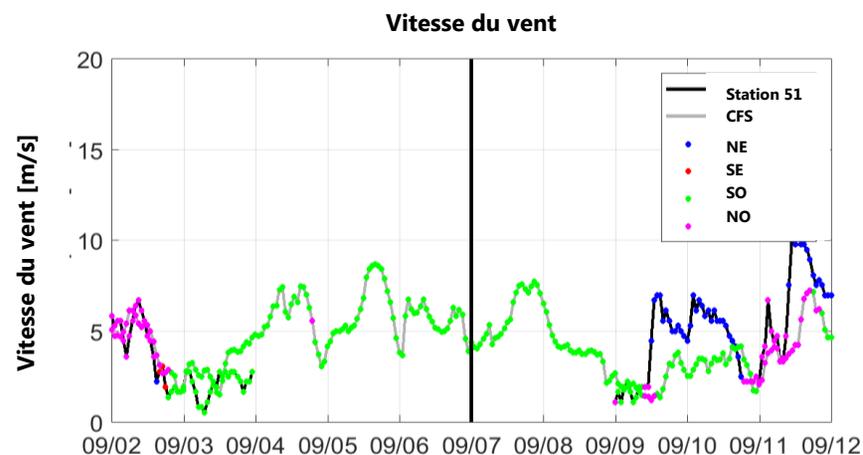
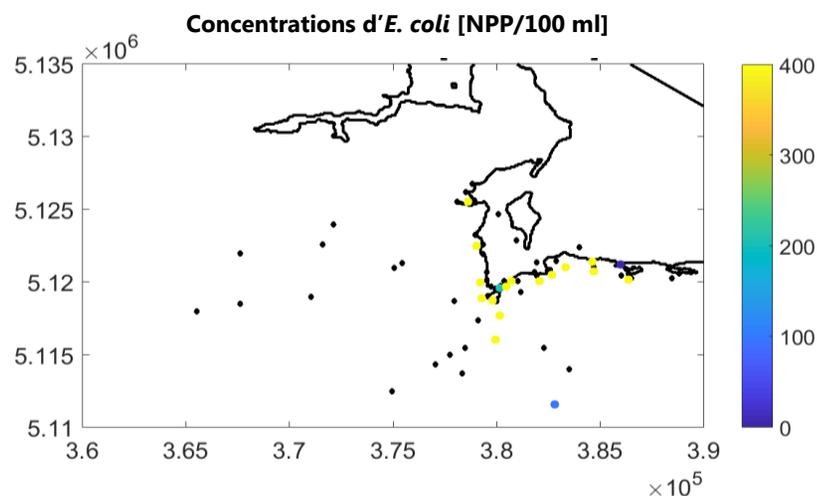
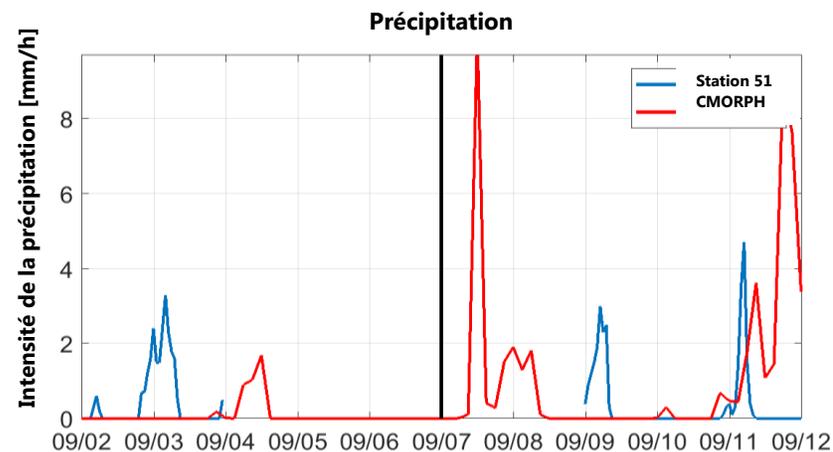
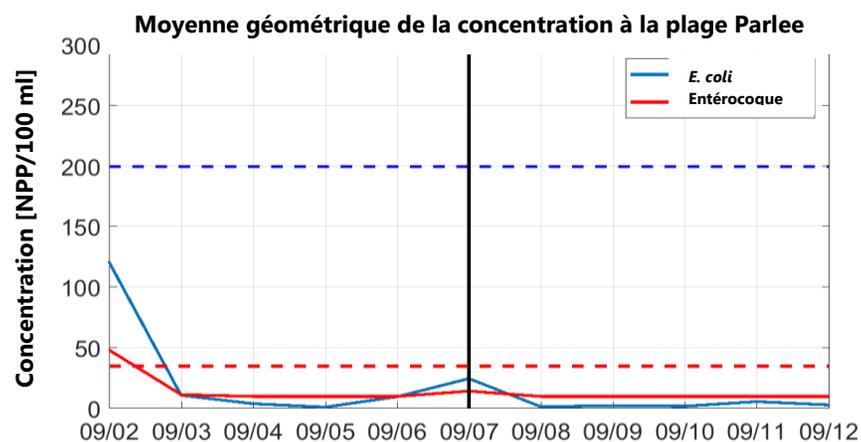
Figure 2-2 Données bactériennes et météorologiques relatives au dépassement du 22 août 2017

Remarques : Coin supérieur gauche : moyenne géométrique des concentrations bactériennes à la plage Parlee. Coin inférieur gauche : concentration d'*E. coli* aux sources potentielles le 21 août. Coin supérieur droit : série chronologique des précipitations locales (station 51) et régionales (CMORPH). Coin inférieur droit : vitesse du vent locale (station 51) et régionale (CFS) avec code de couleurs indiquant le secteur directionnel (provenance).



**Figure 2-3 Données bactériennes et météorologiques relatives au dépassement du 2 septembre 2017**

**Remarques :** Coin supérieur gauche : moyenne géométrique des concentrations bactériennes à la plage Parlee. Coin inférieur gauche : concentration d'*E. coli* aux sources potentielles le 30 août. Coin supérieur droit : série chronologique des précipitations locales (station 51) et régionales (CMORPH). Coin inférieur droit : vitesse du vent locale (station 51) et régionale (CFS) avec code de couleurs indiquant le secteur directionnel (provenance).



**Figure 2-4 Données bactériennes et météorologiques relatives au non-dépassement du 7 septembre 2017**

**Remarques : Coin supérieur gauche : moyenne géométrique des concentrations bactériennes à la plage Parlee. Coin inférieur gauche : concentration d'E. coli aux sources potentielles le 7 septembre. Coin supérieur droit : série chronologique des précipitations locales (station 51) et régionales (CMORPH). Coin inférieur droit : vitesse du vent locale (station 51) et régionale (CFS) avec code de couleurs indiquant le secteur directionnel (provenance).**

### **3.0 MÉTHODOLOGIE DE MODÉLISATION**

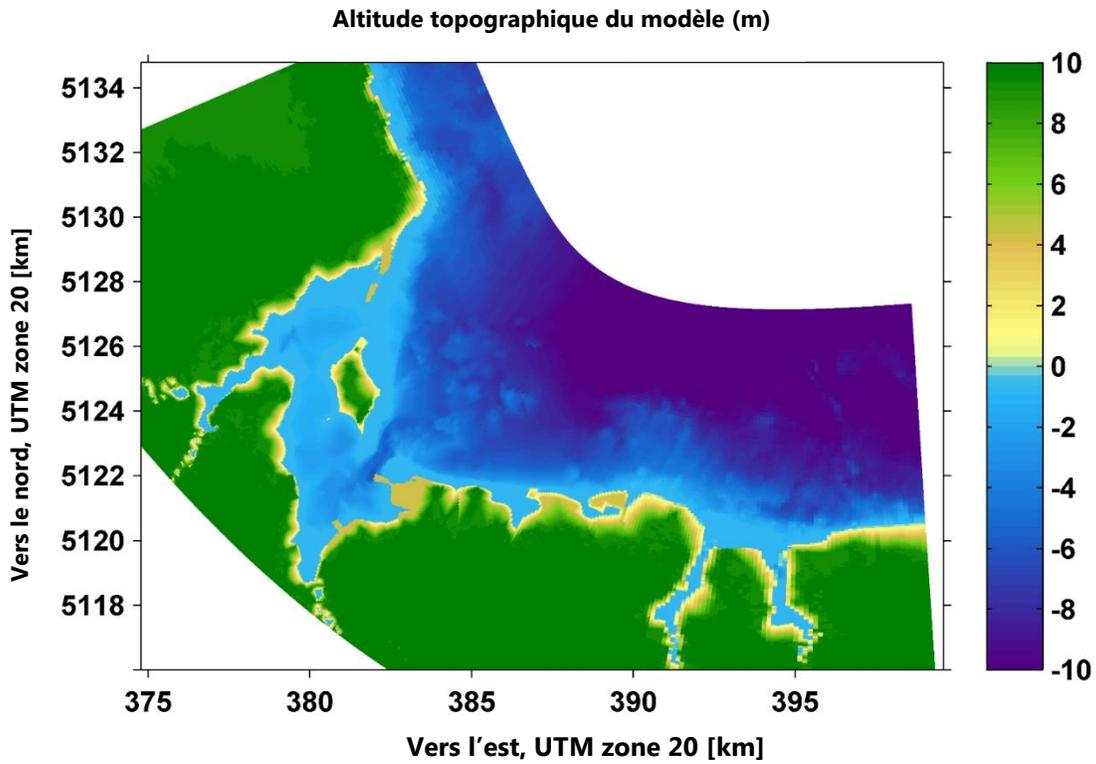
#### **3.1 Préparation du modèle hydrodynamique au moyen de Delft3D**

Wood a mis au point un modèle regroupant des données hydrodynamiques et des données relatives aux vagues dans les eaux côtières comprenant la baie de Shediac et les zones côtières situées à l'est et au nord, y compris la plage Parlee, au moyen de la suite logicielle complète de modélisation Delft3D de Deltares (l'étendue du domaine est présentée à la Figure 3-1). La suite Delft3D comprend un ensemble de modules hautement intégrés servant à calculer les niveaux d'eau et les courants marins au moyen des équations de Saint-Venant, ainsi qu'à utiliser les équations advection-diffusion pour le calcul des traceurs particuliers ou dissous. Le modèle hydrodynamique est combiné au modèle spectral de vagues de troisième génération SWAN (Simulating Waves in the Nearshore) qui offre la possibilité de simuler les conditions locales de vagues imputables à une combinaison de vagues incidentes au large et de vagues provoquées localement par les vents, ainsi que pour appliquer des conditions de forçage par les vagues au modèle hydrodynamique. Ces caractéristiques font de la suite Delft3D une plateforme idéale pour l'étude des eaux côtières relativement au transport potentiel des substances polluantes dans des conditions idéalisées ou historiques, ce qui permettrait d'appuyer l'examen de sources pertinentes de contamination pour une région géographique donnée.

Le modèle hydrodynamique a été utilisé précédemment pour étudier les principaux schémas de transport de traceurs dilués provenant de deux sources ainsi que le lancement de drogues virtuelles, dans des conditions de forçage atmosphérique constantes et idéales couvrant tous les secteurs directionnels (Amec Foster Wheeler, 2017). Bien qu'aucune donnée sur les courants n'ait été disponible pour valider le modèle par rapport à un site donné, le rendement du modèle hydrodynamique Delft3D avait déjà été évalué en fonction d'ensembles de données de marégraphes antérieures recueillies à l'emplacement de deux stations (baie de Shediac, station 1805, et Cap de Caissie, station 1810). Le modèle a constamment affiché un bon rendement pour traduire l'amplitude et les phases de la marée, ce qui indique qu'il saisit la dynamique du système côtier et sa réaction aux intrants de forçage.

Dans la présente étude de rétrospection, le modèle a été de nouveau mis à jour de manière à y inclure les variations dans l'espace et le temps du forçage par le vent et de la pression atmosphérique pour les conditions récemment observées à l'aide d'une nouvelle analyse CFSv2 (Climate Forecasting System) effectuée par les National Centers for Environmental Prediction des États-Unis (NCEP, 2019). Les champs relatifs au vent et à la pression sont donc mis à jour toutes les heures dans le modèle tout au long de la simulation et, en conjonction avec le forçage de la marée aux limites du modèle, celui-ci est par conséquent en mesure de représenter les principaux facteurs de forçage de la circulation côtière aux environs de la baie de Shediac et de la plage Parlee. Un autre essai de sensibilité réalisé avec le modèle d'ondes couplées pour les périodes de rétrospection choisies a révélé que les effets du forçage par les vagues sur le transport côtier seraient relativement faibles, le forçage par le vent et la pression étant le facteur dominant, mis à part les marées astronomiques.

Dans le cadre de la mise en œuvre actuelle, le modèle hydrodynamique est lancé et tourne pendant au moins une semaine avant que tout déversement soit fait dans le modèle afin de lui permettre de saisir complètement la réaction des eaux côtières aux conditions de forçage. Toutes les simulations se sont ensuite poursuivies durant sept jours une fois les déversements hypothétiques effectués, et un jour supplémentaire lorsque les prévisions du modèle sont consignées à la plage Parlee aux fins de comparaison avec les données quotidiennes observées.



**Figure 3-1 Élévation du lit selon le modèle hydrodynamique et de qualité de l'eau Delft3D**

### 3.2 Préparation du modèle de qualité de l'eau

Afin de modéliser les éventuelles voies de transport des polluants provenant de sources potentielles identifiées à l'intérieur du domaine, 14 lieux de déversement de polluants ont été ajoutés à divers emplacements situés dans la baie de Shediac et adjacents à la plage Parlee (). Pour chaque emplacement, un déversement de polluants a été prévu pour chacun des sept jours précédant le dépassement (ou le non-dépassement) observé à la plage Parlee.

En raison de l'insuffisance de données disponibles pour quantifier les flux bactériens pendant un événement donné, la présente étude est fondée sur l'introduction de concentrations et de flux bactériens nominaux à l'emplacement des sources potentielles, de valeurs égales à chaque emplacement. Ainsi, un déversement continu d'un débit de 0,1 m<sup>3</sup>/s est prévu à chacune des sources pendant sept jours avant la simulation, et les déversements cessent à minuit le jour du dépassement (ou du non-dépassement) une fois la prévision faite. Les contaminants bactériens sont simulés à l'aide d'un traceur distinct pour chaque emplacement et jour de déversement, à une concentration nominale de 1 mg/l au point de déversement.

Pour établir un lien entre les sorties du modèle et les observations, du moins de manière relative, les sorties du modèle ont été mises à l'échelle pendant le post-traitement des résultats à l'aide d'un facteur de 250 000. Ce facteur d'échelle a été choisi de façon à obtenir des valeurs unitaires bactériennes nominales de l'ordre de 100 à 1 000 dans la plupart des cas pour les panaches bactériens distincts dans le milieu récepteur du modèle, tant à proximité de l'emplacement des déversements que pour les concentrations maximales relevées à la plage Parlee, pour qu'elles soient à peu près comparables aux niveaux relatifs d'*E. coli* mesurés à l'emplacement des sources et à la plage Parlee (de l'ordre de centaines de NPP/100 ml lorsqu'ils sont élevés). Par conséquent, bien qu'il soit impossible de convertir directement les unités nominales modélisées en concentrations d'*E. coli* ou d'entérocoques, dans le cadre du modèle, les unités nominales de 100 ou plus sont considérées comme étant élevées et susceptibles d'être associées aux dépassements des limites recommandées de qualité de l'eau à la plage Parlee, alors que les valeurs variant de 0 à 50 sont considérées comme étant de niveau faible à modéré du point de vue des limites recommandées de qualité de l'eau.

Les résultats du modèle de qualité de l'eau ont été enregistrés toutes les heures au cours des simulations, en consignait la répartition prévue (cartes) des concentrations de polluants dans l'ensemble du domaine, de même que la série chronologique des concentrations à la plage Parlee pour l'ensemble des 98 polluants identifiables dans le cadre de la simulation.



**Figure 3-2 Emplacements des sources potentielles où des déversements sont faits dans le modèle de qualité de l'eau Delft3D. Les emplacements sont situés dans la partie nord de la baie de Shediac (A, B et C), au centre de la baie de Shediac (D, E et F) et dans la partie sud de la baie de Shediac (G, H, I et J), ainsi qu'aux limites de la plage Parlee (K et L) et à l'est de la plage Parlee (M et N).**

## 4.0 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION POUR LES DÉPASSEMENTS ET LE NON-DÉPASSEMENT CHOISIS

### 4.1 Voies de transport probables et emplacement des sources de polluants pour les dépassements et le non-dépassement

Les résultats de chaque événement modélisé ayant trait à la qualité de l'eau ont été analysés par l'extraction de la série chronologique de concentrations bactériennes à la plage Parlee le jour où le dépassement (ou le non-dépassement) a été consigné. Cette analyse avait pour objet de comparer les signes des 98 sources potentielles dans l'espace et le temps aux observations relevées à la plage Parlee. Les résultats ont été analysés et présentés sous trois angles différents afin de bien comprendre les voies de transport des polluants les plus probables vers la plage au cours de chaque événement :

- **matrice de contribution des sources potentielles pour chaque événement;**
- **série chronologique des concentrations bactériennes modélisées à la plage Parlee pour l'ensemble des 98 déversements par événement;**
- **cartes des courants et des concentrations bactériennes modélisés dans l'ensemble du domaine pour les scénarios de déversements choisis relatifs aux dépassements et au non-dépassement.**

Les matrices de contribution des sources potentielles pour les quatre événements sont présentées de la à la avec des cartes qui illustrent la disposition des emplacements de déversement. Les matrices des quatre événements sont également présentées aux fins de comparaison croisée entre les événements à la . Les matrices présentent les résultats pour l'emplacement de chacune des sources (de A à N), où des déversements suivis séparément sont faits toutes les 24 heures aux jours 1 à 7 du modèle (soit de 1 à 7 jours avant le dépassement). Les valeurs que contiennent les matrices indiquent les valeurs maximales de concentration enregistrées à la plage Parlee le jour 8 du modèle, qui peuvent être associées à chaque emplacement et jour de déversement. Étant donné que l'ensemble des 98 déversements se sont vu attribuer une force nominale équivalente à la source, les matrices permettent de comparer les voies de transport probables à partir de la série complète d'emplacements et de moments de déversement aux concentrations observées à la plage Parlee.

La série chronologique de concentration bactérienne modélisée à la plage Parlee pour chacun des événements modélisés est présentée aux annexes A à D, chaque tracé représentant les sept déversements quotidiens de chaque événement modélisé. La série chronologique offre un aperçu des concentrations et de l'heure d'arrivée de la contamination pour chaque déversement. La série chronologique fournit donc des renseignements supplémentaires sur les concentrations bactériennes modélisées pendant toute la durée de la simulation, y compris des signes indiquant que la concentration arrive trop tôt ou trop tard à la plage Parlee par rapport aux dépassements observés.

Enfin, les cartes des courants et des concentrations bactériennes modélisés, qui sont présentées à la section suivante, fournissent des illustrations des trajectoires que suivent les déversements pendant les dépassements et le non-dépassement. Les cartes fournissent également des indices sur les caractéristiques de la circulation

océanique, sous l'influence des facteurs de forçage météocéen, qui contribuent au transport des polluants vers la plage au cours de certains événements et le freinent en cas de non-dépassement.

#### 4.1.1 Événement 1 : dépassement du 23 juillet 2017

Les concentrations maximales modélisées à la plage Parlee le 23 juillet 2017, comme l'illustre la , indiquent que les sources les plus probables des niveaux élevés de bactéries observés prendraient naissance au cours des trois jours précédents dans les zones situées au centre et au sud de la baie de Shediac, avec des concentrations bactériennes nominales allant de 96 unités (source H5) à 144 unités (I7). Les sources situées à l'est de la plage Parlee sont beaucoup moins susceptibles de contribuer à ce dépassement, leurs concentrations maximales modélisées étant de l'ordre de 0 à 6 unités tous les jours. Les contributions provenant des sources à la plage (K et L) sont aussi relativement faibles, de l'ordre de 0 à 31 unités pour les jours 1 à 6 de déversement. Bien qu'elles soient relativement éloignées, les sources du nord de la baie de Shediac sont également susceptibles de contribuer de façon modérée au dépassement. Des concentrations maximales de 30 unités (B4) à 41 unités (A6) sont prévues pour les déversements des jours 4 à 6 du modèle, ce qui indique que les contributions de ces sources pour les dates de déversement équivalentes sont comparables et parfois plus élevées que celles des sources du centre (D, E et F).

À l'intérieur de la baie de Shediac, la source H (située à l'embouchure de la rivière Scoudouc) est particulièrement importante étant donné que la source d'une voie de transport probable semble persister depuis le jour 1 du modèle, avec des concentrations prévues supérieures à celles des autres emplacements. Bien que l'on prévoie que les déversements de l'emplacement G (au sud de la baie de Shediac) seront assez forts les jours 5 et 6, le déversement du jour 7 (avant le dépassement) devrait être relativement faible, soit de seulement 18 unités. Ces résultats indiquent que les caractéristiques de circulation à l'intérieur de la baie de Shediac peuvent créer des voies de transport qui sont assez différentes l'une de l'autre à une échelle spatiale relativement petite.

La série chronologique de concentration bactérienne à la plage Parlee tout au long de la simulation (annexe A) révèle d'autres différences entre les trajectoires des sources potentielles les jours précédant le dépassement. C'est-à-dire que les sources du nord et du centre de la baie de Shediac (de A à F déversées tous les jours) devraient parvenir simultanément à la plage Parlee et assez tard les jours 7 et 8 (23 juillet) ou ultérieurement, alors que les contaminants déversés à partir des sources G à J commencent à parvenir à la plage Parlee dès les jours 3 et 4.

Les conditions de forçage par le vent au cours des jours précédents, en ce qui concerne le dépassement du 23 juillet, proviennent invariablement des secteurs directionnels sud-ouest ou ouest, lesquelles sont généralement censées favoriser les voies de transport du sud de la baie de Shediac vers la plage Parlee, mais les voies de transport partant du nord de la baie de Shediac sont également viables.

#### 4.1.2 Événement 2 : dépassement du 22 août 2017

Les résultats du modèle concernant les concentrations maximales à la plage Parlee pendant le dépassement du 22 août sont présentés à la . Les résultats révèlent une gamme plus réduite de sources susceptibles d'avoir contribué au dépassement par rapport à l'événement 1, avec des valeurs supérieures à 50 unités limitées au sud de la baie de Shediac (G, H, I et J) les jours 6 et 7 du modèle, ce qui correspond aux 20 et 22 août 2017. Les sources I et J le jour 7 sont les plus susceptibles d'avoir contribué à l'événement, avec des concentrations maximales de 135 et 160 respectivement, alors que, le jour 6, les seuls maximums supérieurs à 50 unités devraient provenir des sources G (65 unités) et J (89 unités). Le reste de la matrice de contribution des sources potentielles indique des contributions relativement plus faibles (moins de 25 unités) de toutes les autres sources, y compris les déversements provenant de la zone située au sud de la baie de Shediac avant le jour 6.

La série chronologique de concentration pour cet événement (annexe B) révèle que les bactéries des sources A à F ne devraient parvenir à la plage Parlee que le jour 4 du modèle, les concentrations de ces sources diminuant brusquement à la plage Parlee au-delà du jour 4. Étant donné qu'aucune concentration élevée n'a été observée le jour 4 (18 août), ces signaux d'arrivée rapide peuvent être considérés comme étant de faux positifs et il est fort probable que les sources n'aient pas déversé de bactéries au cours de la période précédente.

Les conditions de forçage par le vent durant les jours précédents sont réparties entre les secteurs ouest, sud-ouest et nord-ouest (jours 1, 3, 4 et 7), favorisant ainsi le transport vers la plage Parlee depuis la baie de Shediac, ainsi que du sud et du sud-est les jours 2, 5 et 6. La présence de périodes prolongées de vents du sud et du sud-est, particulièrement au cours des jours 5 et 6 du modèle, entrave probablement bon nombre des voies de transport vers la plage Parlee depuis les secteurs du centre et du nord de la baie de Shediac, étant donné que les vents du sud et du sud-est tendent à favoriser le transport du sud vers le nord de la baie de Shediac et le transport vers l'ouest de la plage Parlee, ce qui empêche souvent les panaches contaminés provenant de la baie de Shediac de parvenir à la plage.

#### 4.1.3 Événement 3 : dépassement du 2 septembre 2017

Les concentrations maximales modélisées concernant le dépassement du 2 septembre sont présentées à la . Les résultats sont généralement semblables à ceux du dépassement du 23 juillet, les voies de transport les plus probables (concentrations maximales supérieures à 100 et pouvant atteindre 232 unités) étant prévues pour les emplacements situés au sud de la baie de Shediac au cours des jours 6 et 7 (31 août et 1<sup>er</sup> septembre) du modèle. La source F le jour 7 et la source H le jour 5 devraient également contribuer aux concentrations maximales prévues relativement fortes supérieures à 100 unités, alors que des valeurs modérées se situant entre 50 et 100 unités sont également prévues pour les emplacements situés au centre de la baie de Shediac le jour 6 et certains emplacements situés au nord de la baie de Shediac entre les jours 3 et 6. Les sources potentielles à la plage Parlee et à l'est de la plage contribuent relativement moins au dépassement, avec des valeurs maximales de 0 à 21 unités.

La série chronologique de concentration à la plage Parlee concernant l'événement 3 (annexe C) révèle que les contributions modérées des sources situées dans les zones du centre et du nord de la baie de Shediac le jour du dépassement sont en fait dues à la dispersion des fortes concentrations maximales prévues attribuables à ces

sources le jour 7 du modèle (1<sup>er</sup> septembre). Étant donné qu'aucune concentration aussi élevée n'a été observée ce jour-là, ces arrivées invariablement rapides sont interprétées comme étant un signe qu'il est peu probable que ces sources aient contribué au dépassement de la limite recommandée, les emplacements situés au sud de la baie de Shediac étant les sources les plus probables de l'événement compte tenu de la rapidité de l'arrivée des concentrations maximales provenant de ce lieu.

Les vents présents sur la baie de Shediac au cours des jours précédents, qui soufflaient généralement des secteurs nord-ouest et sud-ouest, sont censés avoir favorisé les voies de transport du sud de la baie de Shediac vers la plage Parlee. Le jour 6 du modèle constitue l'exception à la tendance générale, alors que le vent fluctuait entre le sud-ouest et le nord-est. Toutefois, ces fluctuations du vent ne perturbent pas effectivement le transport vers l'est jusqu'à la plage Parlee.

#### **4.1.4 Événement 4 : non-dépassement du 7 septembre 2017**

La matrice de contribution des sources potentielles pour le quatrième événement modélisé, dont les niveaux de concentration observés à la plage Parlee le 7 septembre ne dépassaient pas les limites recommandées, est présentée à la . Les résultats correspondent aux observations faites ce jour-là à la plage, ce qui indique qu'une très petite contribution provenant des déversements contaminés devrait parvenir à la plage Parlee le jour où sont faites les observations. La grande majorité des déversements potentiels modélisés ne sont pas censés être détectables à la plage ce jour-là et les concentrations maximales modélisées de 11 à 36 unités ne sont prévues que pour les sources les plus proches du sud de la baie de Shediac (I et J) au cours des jours 6 et 7 du modèle. Comme les déversements avaient été faits invariablement avec la même force à la source durant tous les jours précédents, les résultats du modèle indiquent que la circulation côtière ferait en sorte que des panaches potentiellement contaminés parviendraient à la plage avant ou après le 7 septembre, voire jamais.

La série chronologique de concentration à la plage Parlee, qui est présentée à l'annexe D, indique qu'au-delà du jour 5, seuls les déversements potentiels des sources I, J et K pourraient être transportés jusqu'à la plage Parlee; toutefois, comme ils arrivent trop tôt pour contribuer aux concentrations du jour 8, ces prévisions sont par conséquent considérées comme étant de faux positifs dans le cadre de la simulation.

Les vents qui soufflaient sur la baie de Shediac au cours des jours précédant les observations ont d'abord fluctué du nord-est au nord-ouest (jours 1 à 3 du modèle), puis ont tourné en direction sud-sud-ouest. Ce forçage par le vent du sud-sud-ouest semble avoir favorisé le transport des panaches contaminés vers le nord de la baie de Shediac et loin de la plage Parlee au cours des jours 5 à 8 du modèle pour la plupart des sources. Bien que l'étude de modélisation antérieure menée par Wood (Amec Foster Wheeler, 2017) ait indiqué que des vents constants du sud-ouest idéalisés créeraient des voies de transport vers la plage Parlee, alors que des vents du sud idéalisés les entraveraient, les résultats de ce non-dépassement laissent supposer que le seuil directionnel du transport qui doit être entravé pourrait se situer entre ces deux directions et peut-être près du sud-sud-ouest.

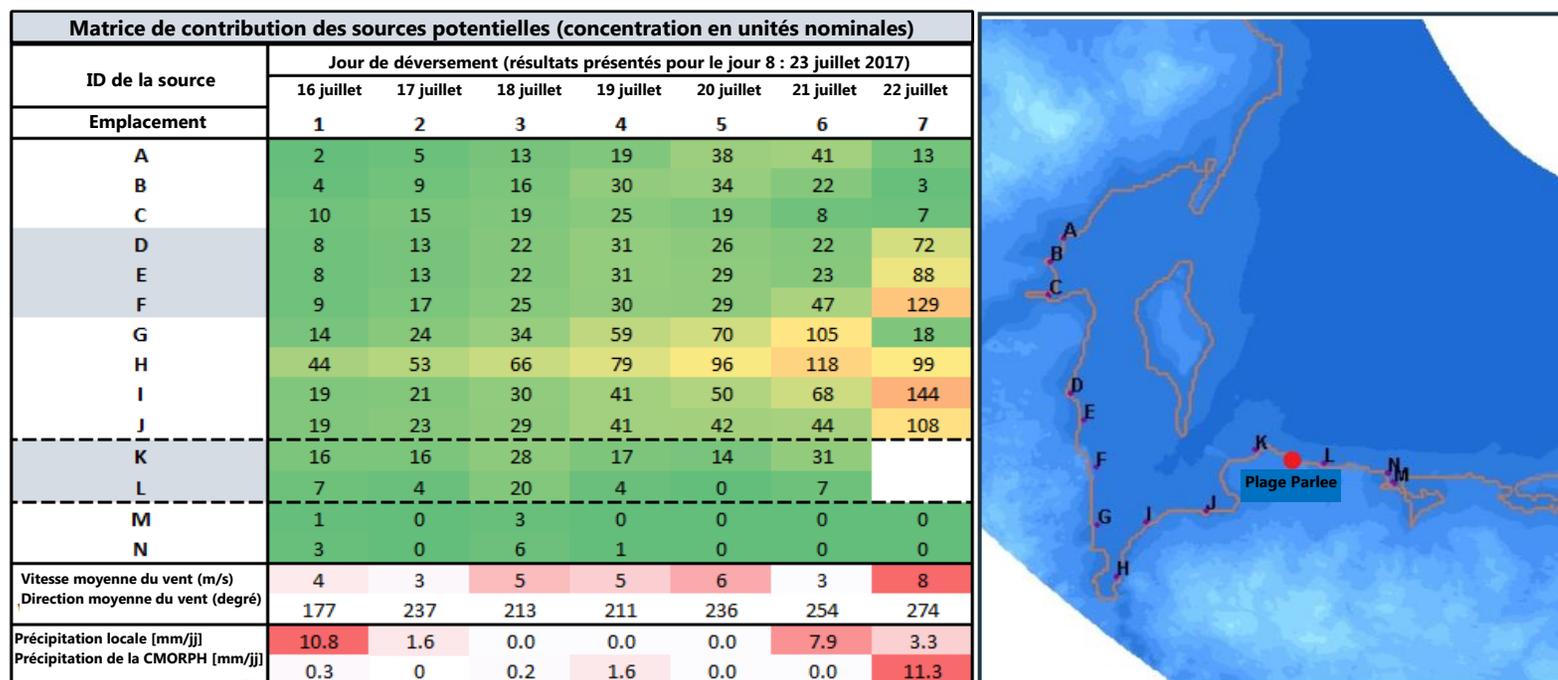


Figure 4-1 Résultats de la matrice de contribution des sources potentielles concernant le dépassement du 23 juillet

**Remarques :**

La matrice présente les concentrations maximales modélisées à la plage Parlee le jour du dépassement (jour 8 du modèle), en unités de concentration nominales, de chacune des sources bactériennes réparties dans plus de 14 emplacements (de A à N). Des déversements traçables de 24 heures sont faits à l'emplacement de chaque source au cours de chacun des sept jours précédant le dépassement observé à la plage Parlee. Les sources se situent dans la partie nord de la baie de Shediac (A, B et C), au centre de la baie de Shediac (D, E et F) et dans la partie sud de la baie de Shediac (G, H, I et J).

Les emplacements K et L sont situés aux extrémités ouest et est de la plage Parlee et les résultats des déversements K7 et L7 sont exclus en raison de la proximité des observations dans l'espace et le temps.

La matrice est chromocodée en fonction des valeurs unitaires nominales s'échelonnant du vert (0) au jaune (100) et au rouge (200). Les valeurs de la vitesse du vent et des précipitations sont chromocodées du blanc au rouge de façon relative dans les rangées respectives.

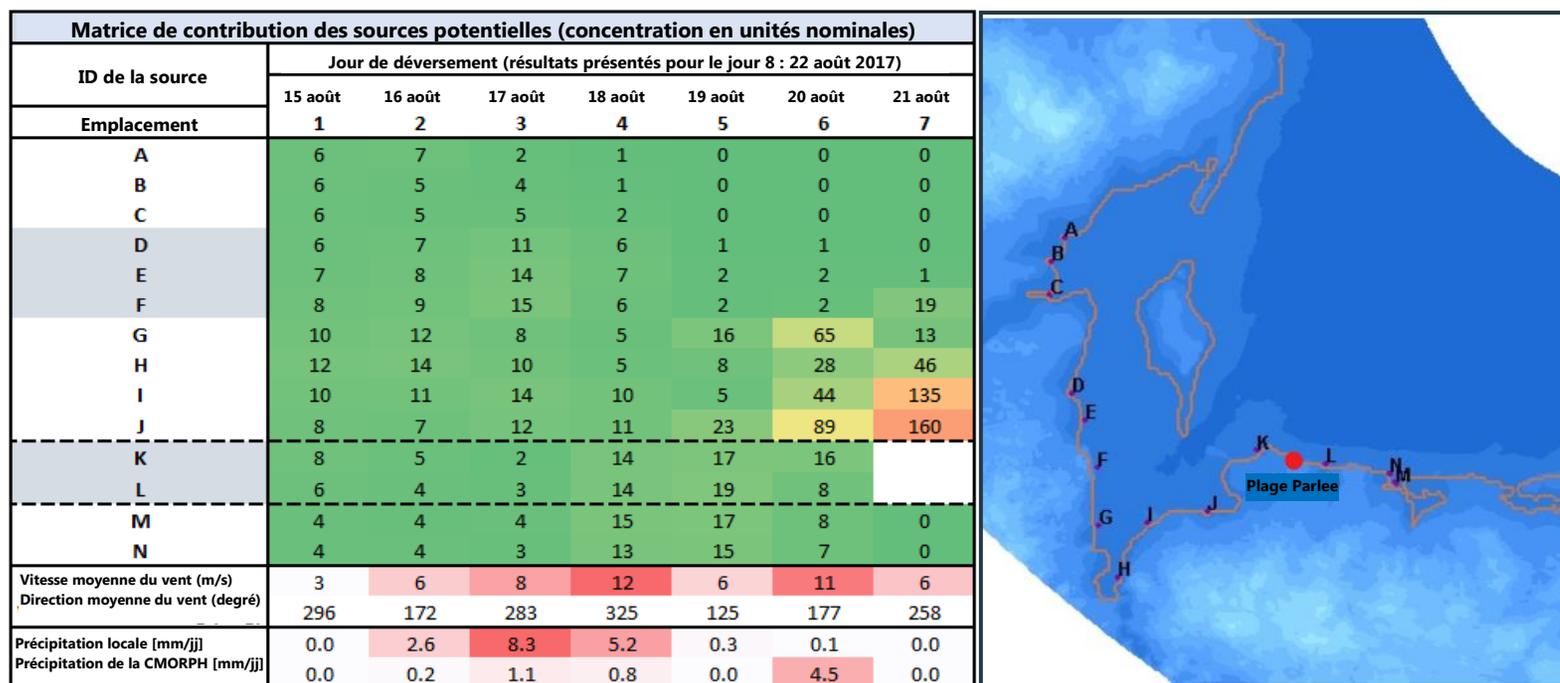


Figure 4-2 Résultats de la matrice de contribution des sources potentielles concernant le dépassement du 22 août

**Remarques :**

La matrice présente les concentrations maximales modélisées à la plage Parlee le jour du dépassement (jour 8 du modèle), en unités de concentration nominales, de chacune des sources bactériennes réparties dans plus de 14 emplacements (de A à N). Des déversements traçables de 24 heures sont faits à l'emplacement de chaque source au cours de chacun des sept jours précédant le dépassement observé à la plage Parlee. Les sources se situent dans la partie nord de la baie de Shediac (A, B et C), au centre de la baie de Shediac (D, E et F) et dans la partie sud de la baie de Shediac (G, H, I et J).

Les emplacements K et L sont situés aux extrémités ouest et est de la plage Parlee et les résultats des déversements K7 et L7 sont exclus en raison de la proximité des observations dans l'espace et le temps.

La matrice est chromocodée en fonction des valeurs unitaires nominales s'échelonnant du vert (0) au jaune (100) et au rouge (200). Les valeurs de la vitesse du vent et des précipitations sont chromocodées du blanc au rouge de façon relative dans les rangées respectives.

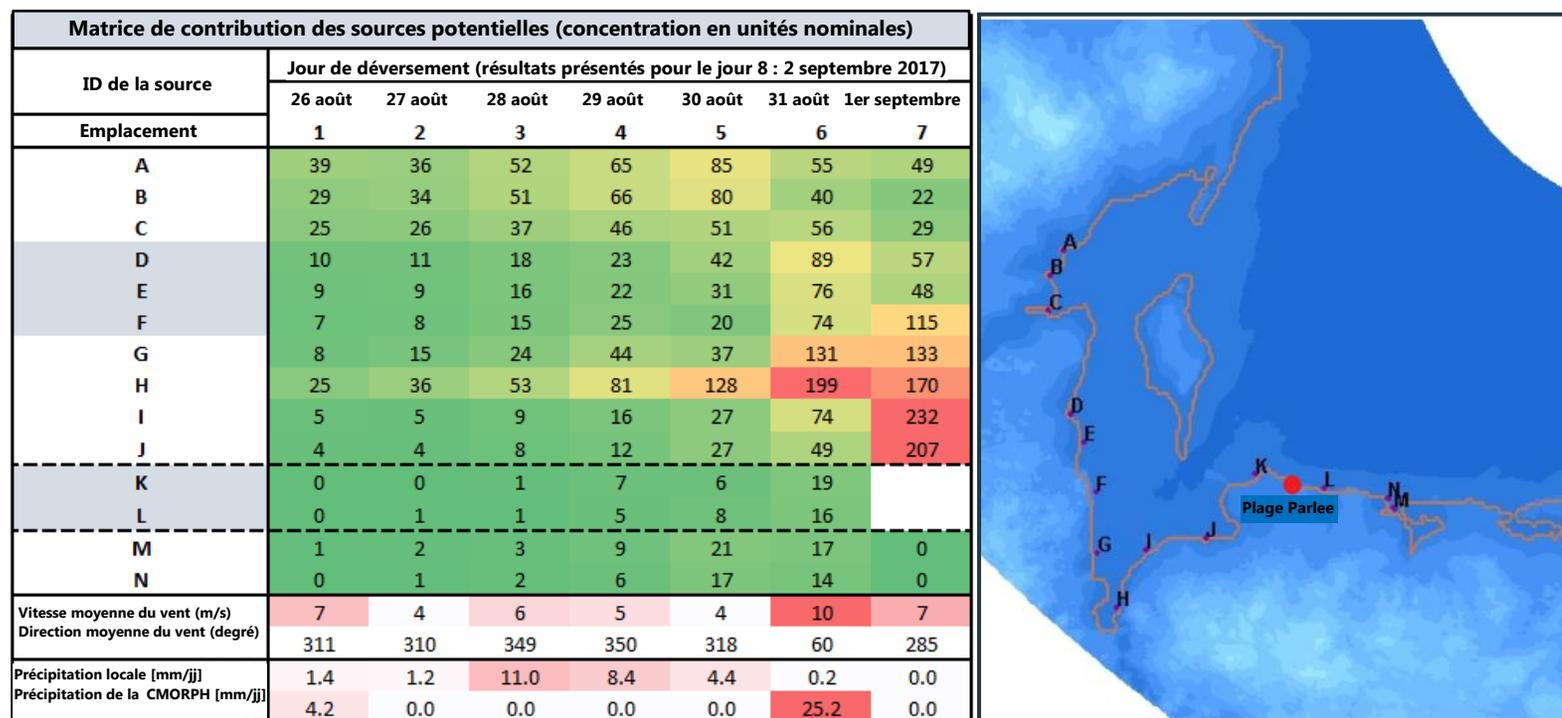


Figure 4-3 Résultats de la matrice de contribution des sources potentielles concernant le dépassement du 2 septembre

**Remarques :**

La matrice présente les concentrations maximales modélisées à la plage Parlee le jour du dépassement (jour 8 du modèle), en unités de concentration nominales, de chacune des sources bactériennes réparties dans plus de 14 emplacements (de A à N). Des déversements traçables de 24 heures sont faits à l'emplacement de chaque source au cours de chacun des sept jours précédant le dépassement observé à la plage Parlee. Les sources se situent dans la partie nord de la baie de Shediac (A, B et C), au centre de la baie de Shediac (D, E et F) et dans la partie sud de la baie de Shediac (G, H, I et J).

Les emplacements K et L sont situés aux extrémités ouest et est de la plage Parlee et les résultats des déversements K7 et L7 sont exclus en raison de la proximité des observations dans l'espace et le temps.

La matrice est chromocodée en fonction des valeurs unitaires nominales s'échelonnant du vert (0) au jaune (100) et au rouge (200). Les valeurs de la vitesse du vent et des précipitations sont chromocodées du blanc au rouge de façon relative dans les rangées respectives.

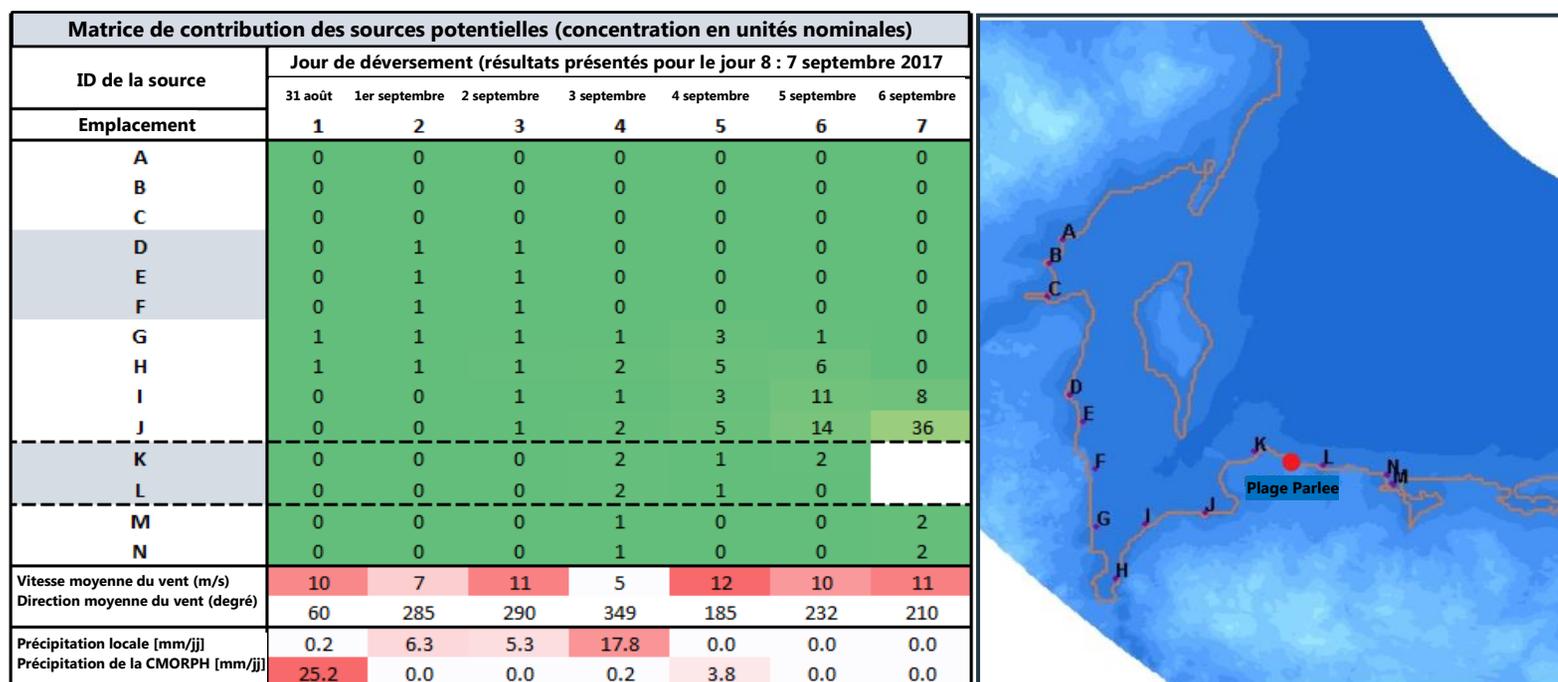


Figure 4-4 Résultats de la matrice de contribution des sources potentielles concernant le non-dépassement du 7 septembre

**Remarques :**

La matrice présente les concentrations maximales modélisées à la plage Parlee le jour du non-dépassement observé (jour 8 du modèle), en unités de concentration nominales, de chacune des sources bactériennes réparties dans plus de 14 emplacements (de A à N). Des déversements traçables de 24 heures sont faits à l'emplacement de chaque source au cours de chacun des sept jours précédant le dépassement observé à la plage Parlee. Les sources se situent dans la partie nord de la baie de Shediac (A, B et C), au centre de la baie de Shediac (D, E et F) et dans la partie sud de la baie de Shediac (G, H, I et J).

Les emplacements K et L sont situés aux extrémités ouest et est de la plage Parlee et les résultats des déversements K7 et L7 sont exclus en raison de la proximité des observations dans l'espace et le temps.

La matrice est chromocodée en fonction des valeurs unitaires nominales s'échelonnant du vert (0) au jaune (100) et au rouge (200). Les valeurs de la vitesse du vent et des précipitations sont chromocodées du blanc au rouge de façon relative dans les rangées respectives.

Matrice de contribution des sources potentielles (concentration en unités nominales)								Matrice de contribution des sources potentielles (concentration en unités nominales)							
ID de la source	Jour de déversement (résultats présentés pour le jour 8 : 23 juillet 2017)							ID de la source	Jour de déversement (résultats présentés pour le jour 8 : 22 août 2017)						
	16 juillet	17 juillet	18 juillet	19 juillet	20 juillet	21 juillet	22 juillet		15 août	16 août	17 août	18 août	19 août	20 août	21 août
Emplacement	1	2	3	4	5	6	7	Emplacement	1	2	3	4	5	6	7
A	2	5	13	19	38	41	13	A	6	7	2	1	0	0	0
B	4	9	16	30	34	22	3	B	6	5	4	1	0	0	0
C	10	15	19	25	19	8	7	C	6	5	5	2	0	0	0
D	8	13	22	31	26	22	72	D	6	7	11	6	1	1	0
E	8	13	22	31	29	23	88	E	7	8	14	7	2	2	1
F	9	17	25	30	29	47	129	F	8	9	15	6	2	2	19
G	14	24	34	59	70	105	18	G	10	12	8	5	16	65	13
H	44	53	66	79	96	118	99	H	12	14	10	5	8	28	46
I	19	21	30	41	50	68	144	I	10	11	14	10	5	44	135
J	19	23	29	41	42	44	108	J	8	7	12	11	23	89	160
K	16	16	28	17	14	31		K	8	5	2	14	17	16	
L	7	4	20	4	0	7		L	6	4	3	14	19	8	
M	1	0	3	0	0	0	0	M	4	4	4	15	17	8	0
N	3	0	6	1	0	0	0	N	4	4	3	13	15	7	0
Vitesse moyenne du vent (m/s)	4	3	5	5	6	3	8	Vitesse moyenne du vent (m/s)	3	6	8	12	6	11	6
Direction moyenne du vent (degré)	177	237	213	211	236	254	274	Direction moyenne du vent (degré)	296	172	283	325	125	177	258
Précipitation locale (mm/jj)	10.8	1.6	0.0	0.0	0.0	7.9	3.3	Précipitation locale (mm/jj)	0.0	2.6	8.3	5.2	0.3	0.1	0.0
Précipitation de la CMORPH (mm/jj)	0.3	0	0.2	1.6	0.0	0.0	11.3	Précipitation de la CMORPH (mm/jj)	0.0	0.2	1.1	0.8	0.0	4.5	0.0
Matrice de contribution des sources potentielles (concentration en unités nominales)								Matrice de contribution des sources potentielles (concentration en unités nominales)							
ID de la source	Jour de déversement (résultats présentés pour le jour 8 : 2 septembre 2017)							ID de la source	Jour de déversement (résultats présentés pour le jour 8 : 7 septembre 2017)						
	26 août	27 août	28 août	29 août	30 août	31 août	1er septembre		15 août	16 août	17 août	18 août	19 août	20 août	21 août
Emplacement	1	2	3	4	5	6	7	Emplacement	1	2	3	4	5	6	7
A	39	36	52	65	85	55	49	A	0	0	0	0	0	0	0
B	29	34	51	66	80	40	22	B	0	0	0	0	0	0	0
C	25	26	37	46	51	56	29	C	0	0	0	0	0	0	0
D	10	11	18	23	42	89	57	D	0	1	1	0	0	0	0
E	9	9	16	22	31	76	48	E	0	1	1	0	0	0	0
F	7	8	15	25	20	74	115	F	0	1	1	0	0	0	0
G	8	15	24	44	37	131	133	G	1	1	1	1	3	1	0
H	25	36	53	81	128	199	170	H	1	1	1	2	5	6	0
I	5	5	9	16	27	74	232	I	0	0	1	1	3	11	8
J	4	4	8	12	27	49	207	J	0	0	1	2	5	14	36
K	0	0	1	7	6	19		K	0	0	0	2	1	2	
L	0	1	1	5	8	16		L	0	0	0	2	1	0	
M	1	2	3	9	21	17	0	M	0	0	0	1	0	0	2
N	0	1	2	6	17	14	0	N	0	0	0	1	0	0	2
Vitesse moyenne du vent (m/s)	7	4	6	5	4	10	7	Vitesse moyenne du vent (m/s)	10	7	11	5	12	10	11
Direction moyenne du vent (degré)	311	310	349	350	318	60	285	Direction moyenne du vent (degré)	60	285	290	349	185	232	210
Précipitation locale (mm/jj)	1.4	1.2	11.0	8.4	4.4	0.2	0.0	Précipitation locale (mm/jj)	0.2	6.3	5.3	17.8	0.0	0.0	0.0
Précipitation de la CMORPH (mm/jj)	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	25.2	0.0	Précipitation de la CMORPH (mm/jj)	25.2	0.0	0.0	0.2	3.8	0.0	0.0

Figure 4-5 Comparaison des résultats de la matrice de contribution des sources potentielles pour les quatre événements modélisés

## 4.2 Facteurs météorologiques et océanographiques influant sur les voies de transport des polluants vers la plage Parlee

L'examen des résultats du modèle effectué au moyen des vecteurs de courant océanique et des concentrations bactériennes, qui est présenté de la à la , signale la présence de plusieurs caractéristiques de circulation côtière dans différentes conditions océanographiques et météorologiques qui favorisent ou entravent les voies de transport à partir des sources potentielles vers la plage Parlee.

- **Zones de recirculation dans la baie de Shediac** : particulièrement importantes dans le sud de la baie de Shediac, où les panaches contaminés provenant de la zone de recirculation pourraient être aisément transportés vers la plage Parlee lorsque les bonnes conditions de marées et de vent sont réunies.
- **Courants de marée aux entrées de la baie de Shediac** : les courants de marée entravent les voies de transport vers la plage Parlee pendant la marée montante et favorisent les voies d'exportation vers l'extérieur de la baie pendant la marée descendante.
- **Courants induits par le vent dans la baie de Shediac et la zone de déferlement adjacente à la plage Parlee** : les courants littoraux induits par le vent favorisent les voies de transport vers la plage Parlee lorsque les vents viennent du sud-ouest, de l'ouest ou du nord-ouest et les entravent lorsque les vents soufflent du sud, du sud-est, de l'est et du nord-est.
- **Interaction entre les marées et les vents** : la force relative des caractéristiques de circulation induites par la marée et le vent dépend du moment de la journée et du mois (force relative des marées au cours des cycles quotidiens et de vives-eaux et de mortes-eaux) ainsi que de la persistance et du moment relatifs de la vitesse et de la direction du vent.
- **Moment des déversements par rapport aux changements des phases de la marée et aux conditions de vent** : le moment, l'emplacement et la durée de tout déversement contaminé par rapport aux caractéristiques météorologiques et océanographiques constituent aussi des facteurs déterminants de la viabilité et de l'efficacité des voies de transport disponibles qui permettent à ces déversements de parvenir à la plage.

Les principales caractéristiques de l'une des voies de transport (événement H6) les plus probables de la baie de Shediac à la plage Parlee pour le troisième dépassement observé le 2 septembre sont présentées de la à la . Les figures montrent que des panaches contaminés pourraient s'accumuler et circuler à nouveau dans la zone sud de la baie de Shediac pendant les marées montantes, puis être accessibles au transport vers l'extérieur lorsque les courants de marée changent de direction à l'entrée de la baie pendant la marée descendante. La phase de la marée descendante est par conséquent l'un des facteurs déterminants du transport vers l'extérieur de la baie de Shediac lorsque les panaches pourraient être de nouveau transportés vers ou loin de la plage Parlee, selon la direction des courants dans la zone de déferlement adjacente à la plage Parlee.

Les courants de la zone de déferlement présentés à la et à la concernant le dépassement 3 étaient favorables au transport vers la plage, alors que la à la concernant le non-dépassement montrent comment les courants de la zone de déferlement circulant vers l'ouest peuvent entraver ou bloquer le transport des panaches vers la plage Parlee, même dans des conditions où le ruissellement du courant de marée les a exportés à l'extérieur de la baie de Shediac. Pendant la simulation du non-dépassement, les vents du sud-sud-ouest tendaient également à favoriser le transport vers le nord le long de la côte de la baie de Shediac, réduisant ainsi la disponibilité des contaminants bactériens dans la zone de recirculation au sud, où ils auraient pu être exportés vers la plage Parlee.

pendant les périodes où les courants de marée et les courants de la zone de déferlement auraient pu ouvrir cette voie de transport. Les voies de transport des sources provenant du nord de la baie de Shediac ( et ) comprennent le transport par le sud de la baie de Shediac ou par le chenal nord, suivi d'un autre transport vers la plage Parlee. Par conséquent, les panaches contaminés provenant du nord risquent moins de parvenir à la plage et sont plus susceptibles d'être dilués par rapport aux sources du centre et du sud.

Modélisation de la concentration nominale de polluants au moyen de Delft3D, déversement H6, le 1er septembre à 20 h

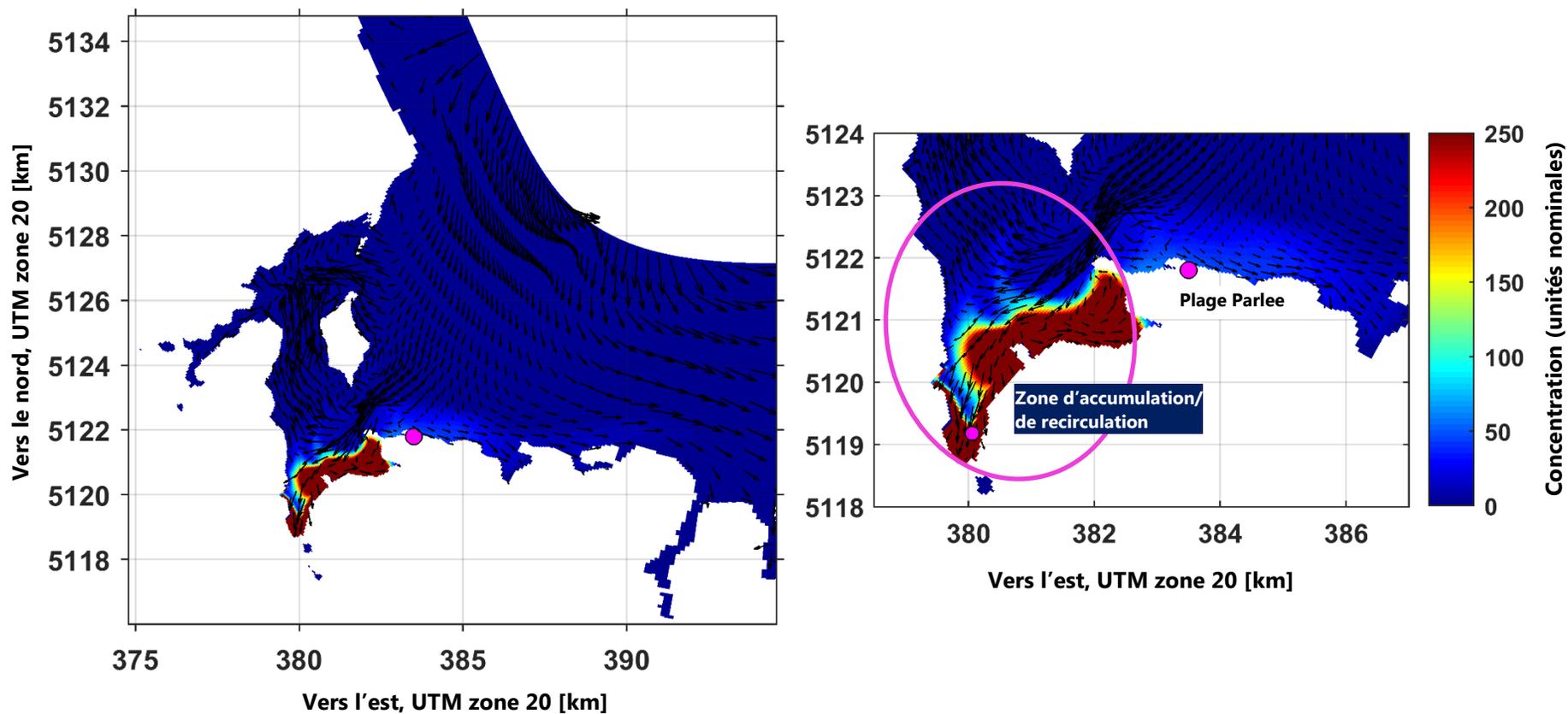


Figure 4-6 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisées pour la source H6 précédant le dépassement du 2 septembre, le 1<sup>er</sup> septembre à 20 h

Modélisation de la concentration nominale de polluants au moyen de Delft3D, déversement H6, le 2 septembre à 9 h

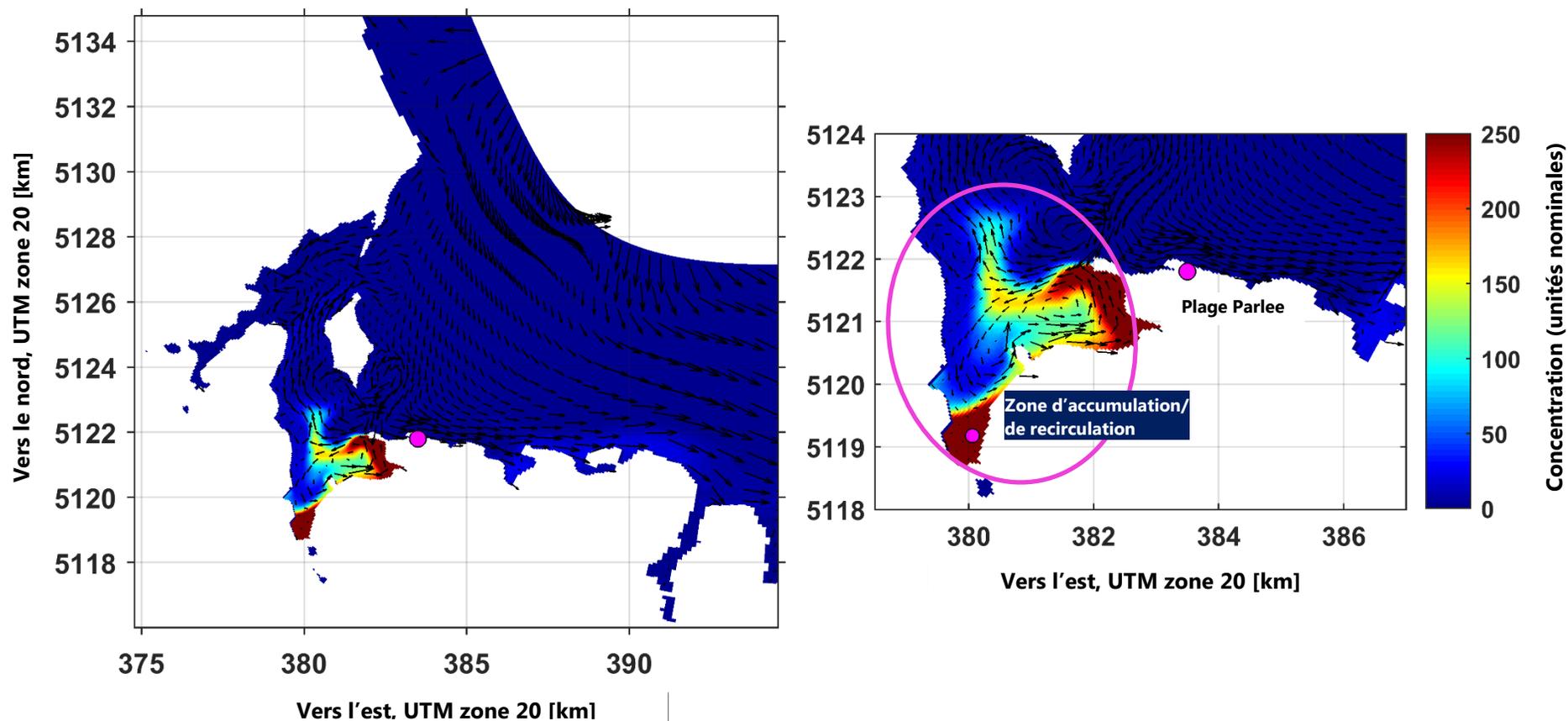


Figure 4-7 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source H6 précédant le dépassement du 2 septembre, le 2 septembre à 9 h

Modélisation de la concentration nominale de polluants au moyen de Delft3D, déversement H6, le 2 septembre à 13 h

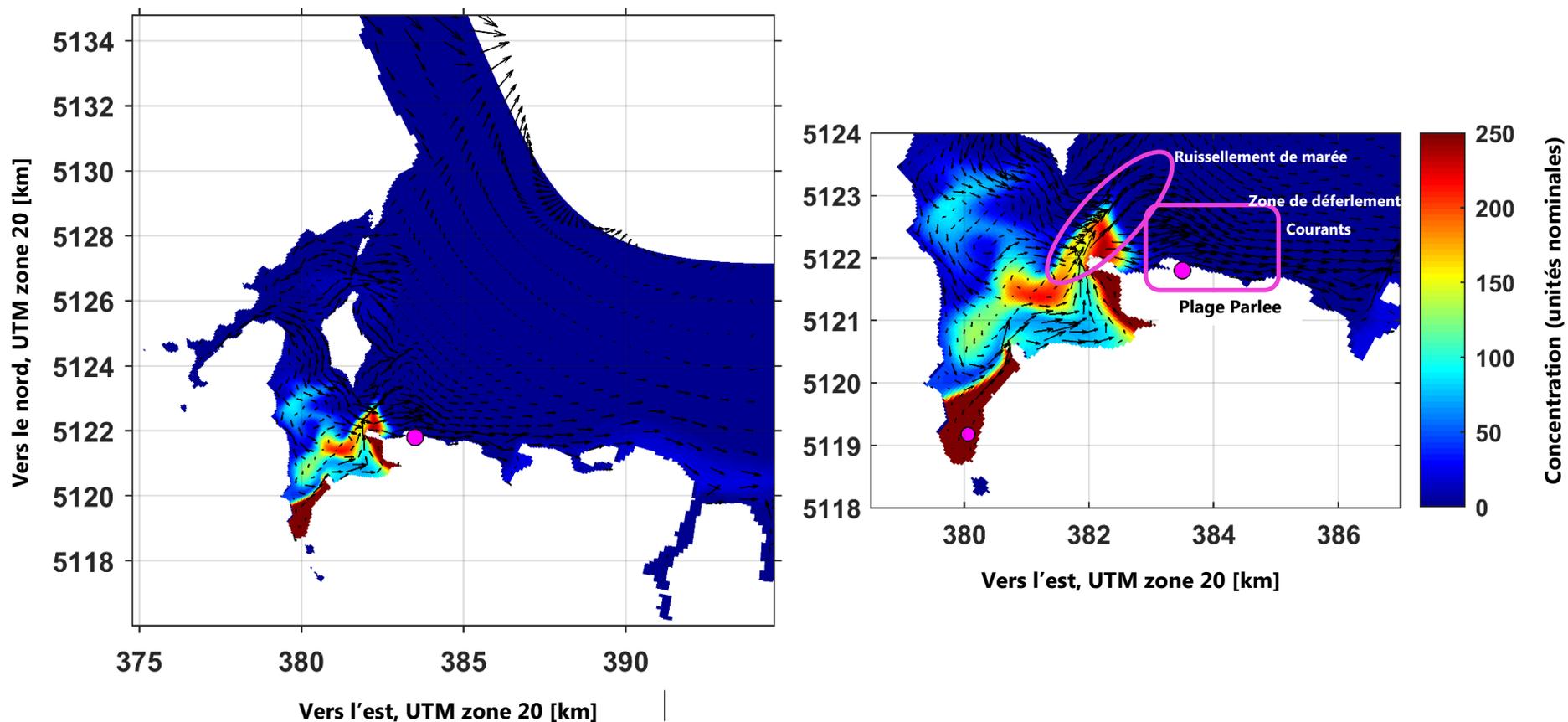
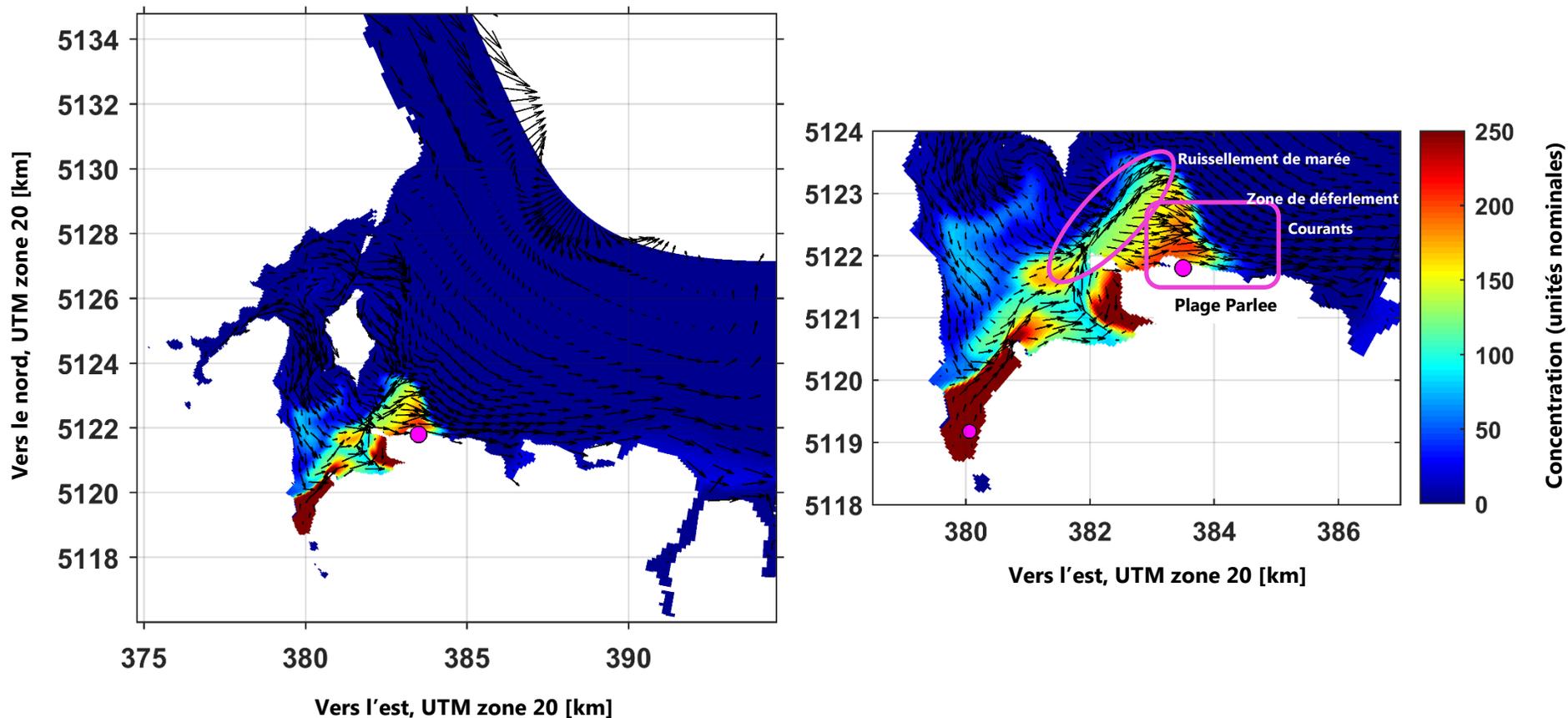


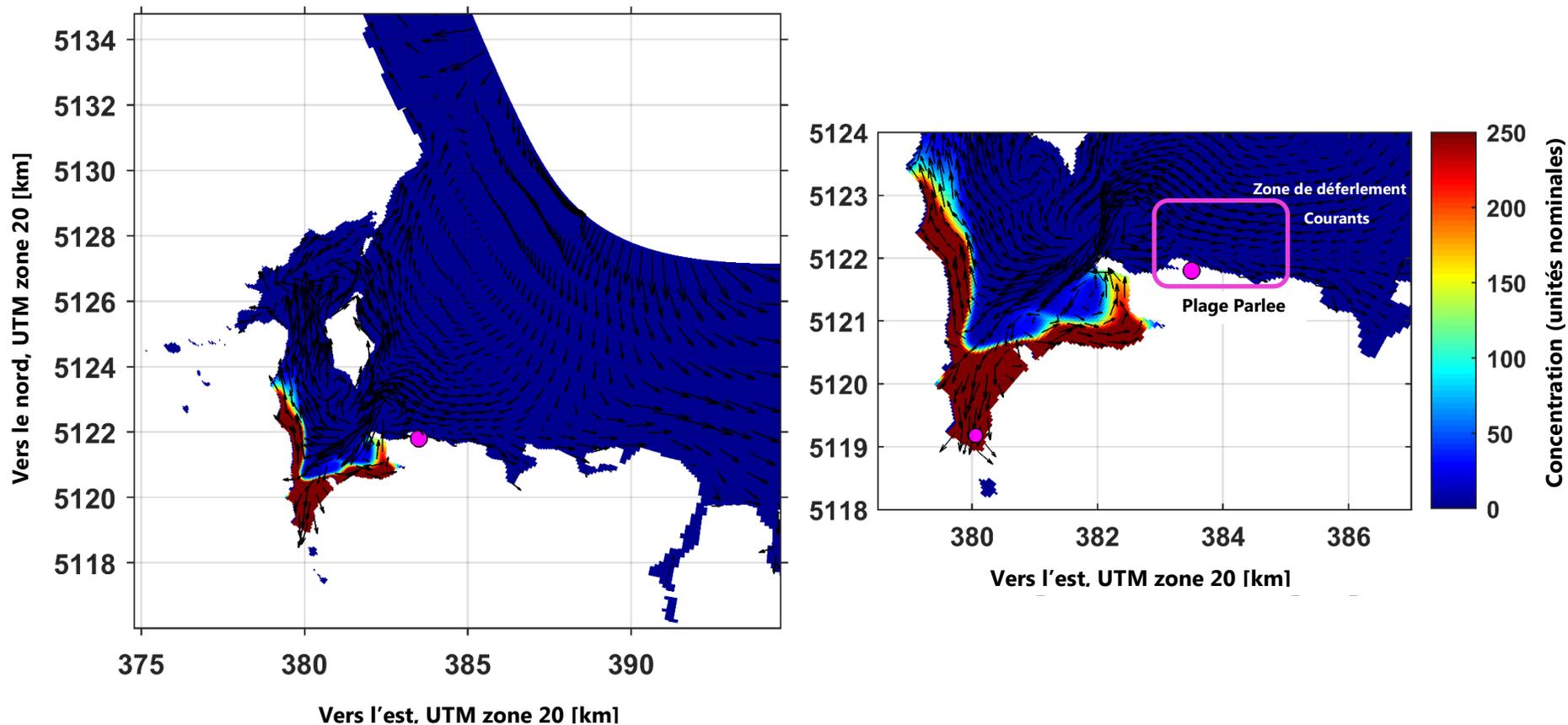
Figure 4-8 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source H6 précédant le dépassement du 2 septembre, le 2 septembre à 13 h

**Modélisation de la concentration nominale de polluants au moyen de Delft3D, déversement H6, le 2 septembre à 15 h**



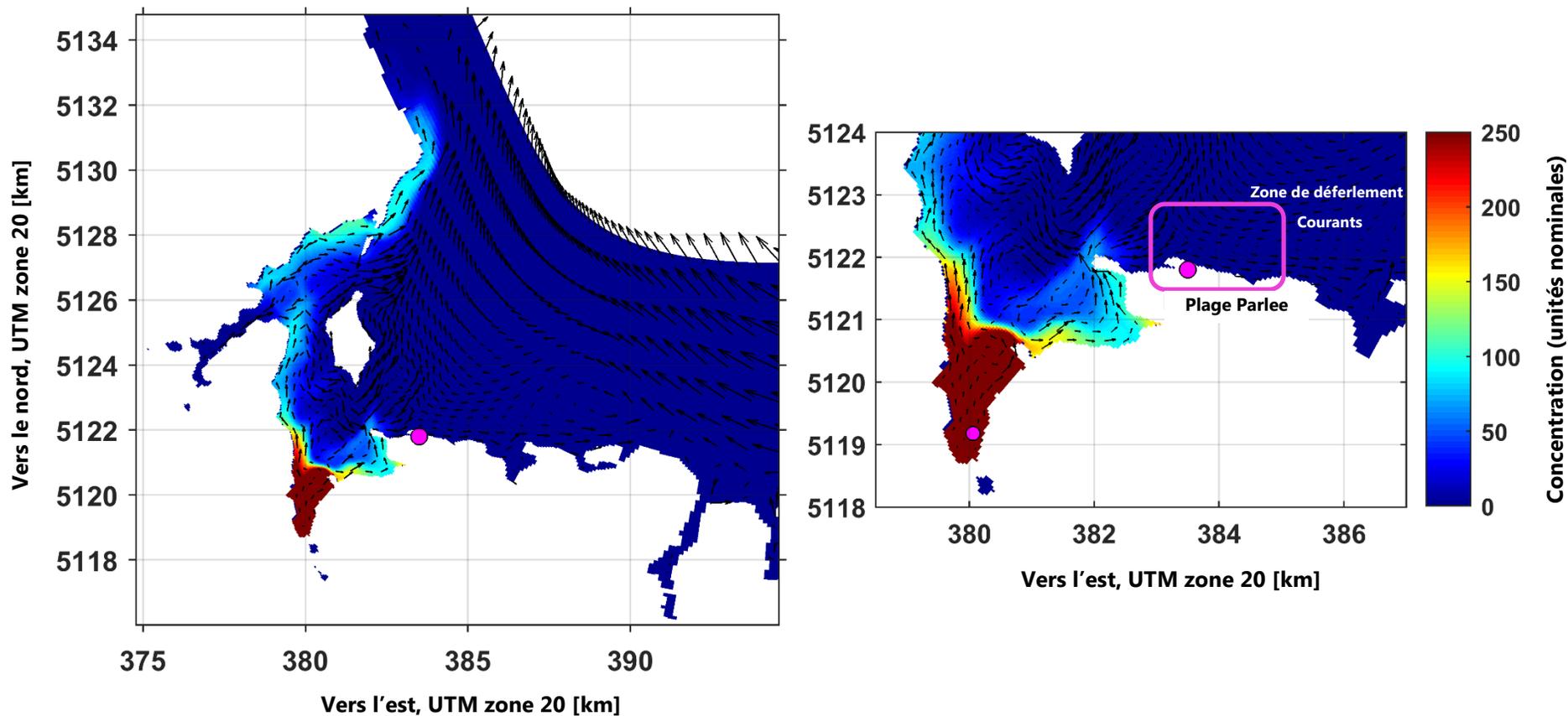
**Figure 4-9 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source H6 précédant le dépassement du 2 septembre, le 2 septembre à 15 h**

**Modélisation de la concentration nominale de polluants au moyen de Delft3D, déversement H6, le 5 septembre à 23 h**



**Figure 4-10** Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source H6 précédant le non-dépassement du 7 septembre, le 5 septembre à 23 h

**Modélisation de la concentration nominale de polluants au moyen de Delft3D, déversement H6, le 6 septembre à 19 h**



**Figure 4-11 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source H6 précédant le non-dépassement du 7 septembre, le 6 septembre à 19 h**

Modélisation de la concentration nominale de polluants au moyen de Delft3D, déversement H6, le 6 septembre à 22 h

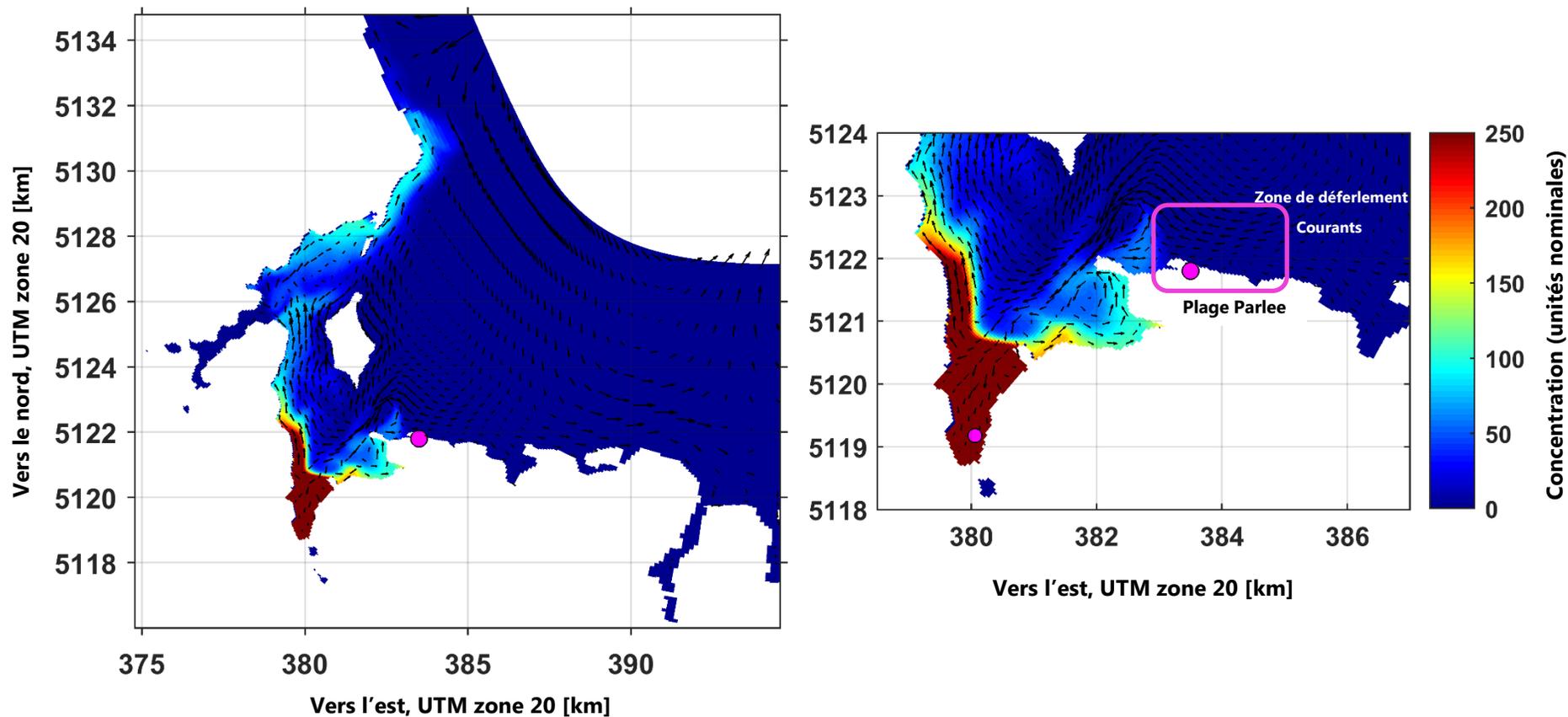
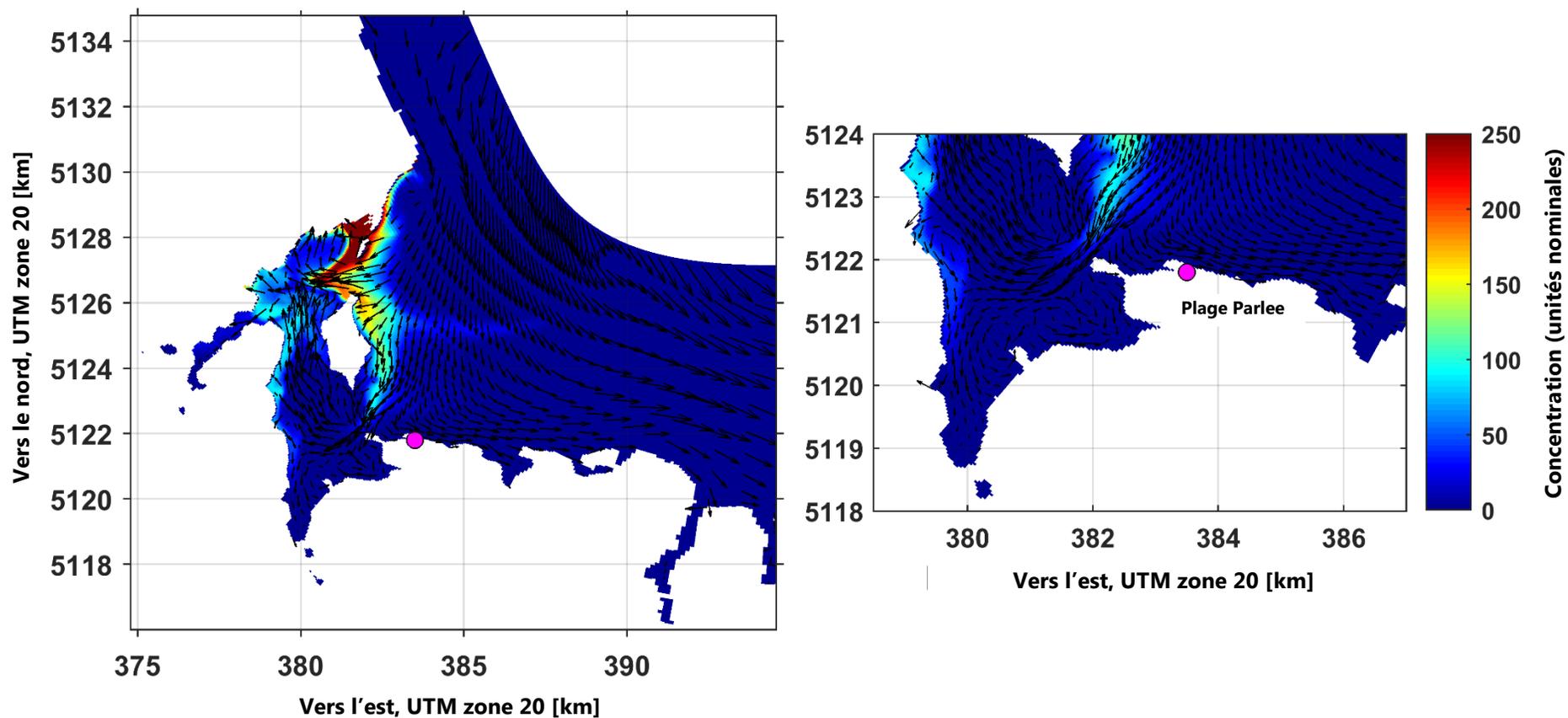


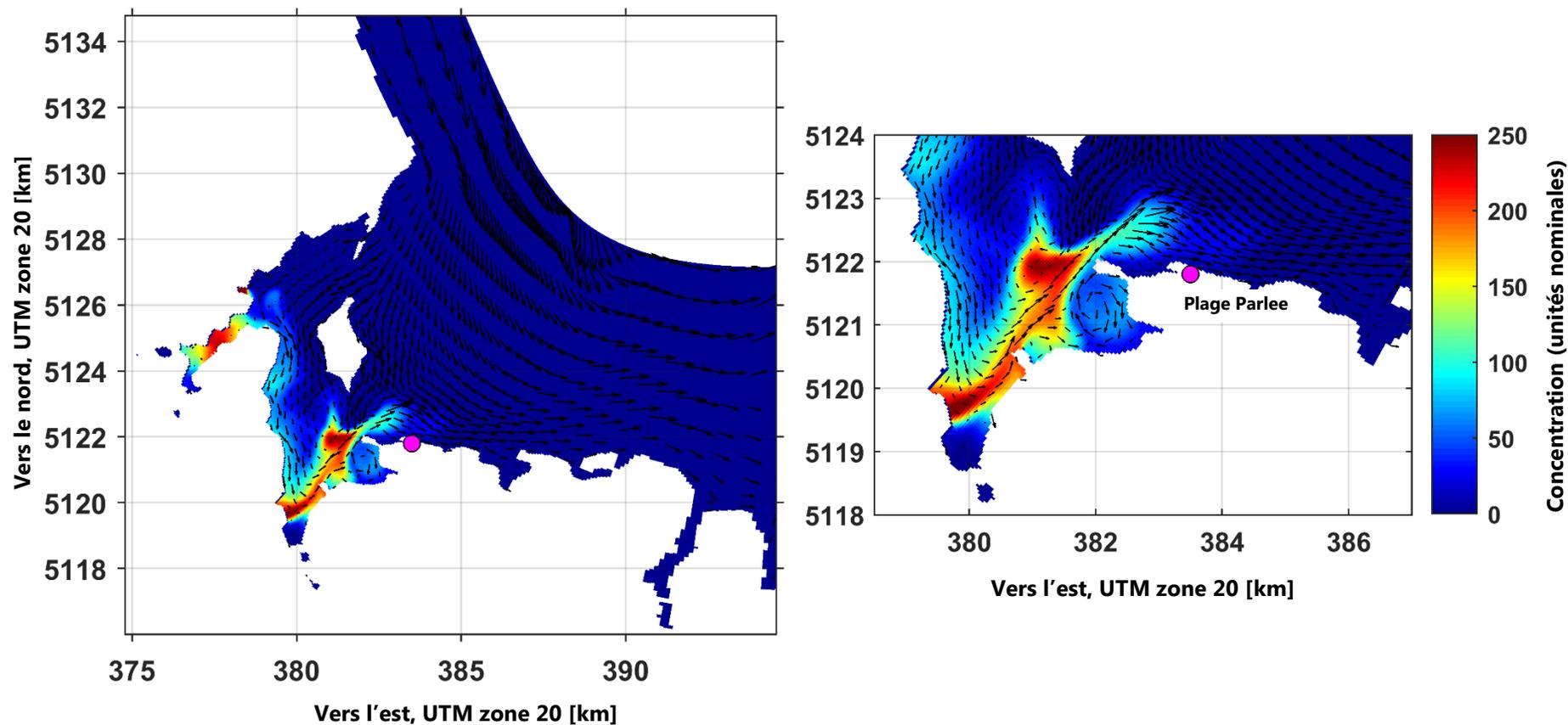
Figure 4-12 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source H6 précédant le non-dépassement du 7 septembre, le 6 septembre à 22 h

**Modélisation de la concentration nominale de polluants au moyen de Delft3D, déversement A5, le 22 juillet à 23 h**



**Figure 4-13 Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source A5 précédant le dépassement du 23 juillet, le 22 juillet à 23 h**

**Modélisation de la concentration nominale de polluants au moyen de Delft3D, déversement A5, le 1<sup>er</sup> septembre à 4 h**



**Figure 4-14** Carte des vecteurs de courant et des concentrations bactériennes modélisés pour la source A5 précédant le dépassement du 2 septembre, le 1<sup>er</sup> septembre à 4 h

## 5.0 CONCLUSIONS

Les quatre événements liés à la qualité de l'eau à la plage Parlee qui ont été retenus pour réaliser une modélisation détaillée des voies de transport comprennent trois dépassements des limites recommandées de qualité de l'eau où les concentrations bactériennes étaient élevées et un événement où les concentrations bactériennes étaient inférieures aux lignes directrices, même si des concentrations élevées avaient été observées à l'emplacement de sources potentielles. L'observation de ces événements a permis d'étudier les voies de transport possibles et probables des contaminants vers la plage Parlee ainsi que les conditions océanographiques et météorologiques qui les favorisent et les entravent.

En raison de la faible fréquence des observations recueillies sur les sources potentielles de bactéries dans la baie de Shediac et de l'insuffisance de données sur le débit aux sources, le modèle d'hydrodynamique et de qualité de l'eau mis en œuvre pour cette étude comprenait des sources bactériennes hypothétiques de force équivalente à quatorze emplacements possibles dans la baie de Shediac, à la plage Parlee et sur la côte à l'est de la plage Parlee. Les concentrations bactériennes du modèle n'ont fait l'objet d'aucune prolifération ou décomposition en raison de l'insuffisance de données *in situ* pouvant appuyer la quantification des taux de prolifération ou de décomposition dans l'environnement côtier de la baie de Shediac. De plus, comme le moment et la durée des déversements provenant des sources potentielles de bactéries pendant les événements modélisés ne sont pas connus, le modèle met donc en œuvre des déversements distincts à intervalles de 24 heures au cours des sept jours précédant celui où les observations et les prévisions ont été faites. Les déversements toutes les 24 heures sont jugés suffisamment distincts pour tenir compte des modifications quotidiennes des conditions de forçage météorologique, mais assez longs pour couvrir le cycle complet des marées diurnes, fournissant ainsi des données d'entrée sur l'environnement à chaque phase de la marée pour chacune des sources distinctes.

L'étude de modélisation est donc susceptible de couvrir une gamme plus vaste de sources bactériennes potentielles dans l'espace et le temps que celles qui ont été relevées au cours des périodes antérieures. Les voies de transport les plus probables sont déterminées en fonction de l'advection physique et de la dispersion des déversements potentiels de bactéries ainsi que du moment de leur arrivée à la plage Parlee par rapport aux concentrations bactériennes observées. Il est possible de tirer les conclusions suivantes des résultats présentés dans la section précédente :

1. Les résultats du modèle démontrent qu'il existe des voies de transport très distinctes pour les déversements bactériens provenant de chaque emplacement durant chacune des périodes de déversement de 24 heures, ce qui indique donc l'importance de mesurer fréquemment (quotidiennement ou plus souvent) les niveaux de contamination à l'emplacement des principales sources potentielles.
2. Le modèle indique que certains emplacements et moments de déversement sont beaucoup plus susceptibles d'avoir contribué aux dépassements des limites recommandées qui ont été observés, les sources situées dans les zones sud et centre de la baie de Shediac étant les contributeurs les plus probables. De plus, les déversements faits au cours des 48 à 72 heures précédant le jour de l'observation étaient plus susceptibles de contribuer aux niveaux mesurés à la plage Parlee le jour de l'observation.
3. Le modèle indique que les déversements bactériens provenant d'un certain nombre de sources situées au centre et au sud de la baie de Shediac pourraient s'accumuler dans le sud de la baie de Shediac à l'intérieur d'une zone de recirculation, surtout pendant les périodes de marées montantes lorsque

l'exportation des contaminants vers l'extérieur de la baie est entravée et que les conditions de vent ne favorisent pas le transport de ces déversements vers le nord de la baie de Shediac. Cette zone de recirculation pourrait donc représenter un emplacement stratégique où effectuer un échantillonnage plus fréquent et fournir les premiers signes d'une possible contamination ultérieure à la plage Parlee, selon que les conditions de transport sont favorables ou non.

4. L'examen des caractéristiques de circulation côtière pendant les trois dépassements et le non-dépassement correspond de façon générale aux résultats antérieurs de modélisation (Amec Foster Wheeler, 2017), qui indiquent que la vitesse et la direction du vent, jumelées à la phase de la marée, tendent à générer des caractéristiques de circulation qui favorisent ou freinent le transport des contaminants de la baie de Shediac vers la plage Parlee. Les résultats révèlent également la présence d'un seuil significatif de direction du vent près du sud-sud-ouest, les vents du sud-ouest et de l'ouest favorisant le transport vers la plage et ceux du sud et du sud-est freinant le transport de la baie vers la plage. Le seuil d'inversion de la direction des voies de transport induites par le vent à un moment ou l'autre devrait varier quelque peu selon la vitesse et la persistance du vent venant de chacune des directions précédentes, ainsi que la phase de la marée durant les cycles diurnes et lunaires.
5. La capacité que possède le modèle de rétrospection mis en œuvre d'indiquer clairement la présence ou l'absence de voies de transport favorables pour les trois dépassements et le non-dépassement démontre que l'on pourrait vraisemblablement mettre au point un système de prévision venant appuyer la prise de décisions qui serait fondé sur les prévisions ou les observations de circulation côtière favorables au transport et effectuer un échantillonnage plus fréquent à quelques emplacements stratégiques à l'intérieur de la baie de Shediac.

Selon les résultats et les conclusions présentés ci-dessus, les exigences et les limites ci-après pourraient être prises en compte pour déterminer la vraisemblance finale de la mise au point d'un outil de prévision ou de prise de décision :

- a. L'outil aurait pour but de fournir des prévisions ou des observations au sujet des conditions de transport favorables, jumelées à la connaissance de la présence de sources de contamination possibles.
- b. Étant donné que la présence de voies de transport favorables à la contamination de la plage Parlee depuis la baie de Shediac est peut-être beaucoup plus fréquente que celle de déversements bactériens, la réduction ou l'élimination des risques de fausses alertes constituerait un défi de taille dans la mise au point d'un outil de prévision.
- c. Un échantillonnage fréquent des niveaux de bactéries aux principaux emplacements de la baie de Shediac pourrait fournir le fondement des prévisions et des décisions à prendre au sujet des conditions de la plage Parlee plus tôt que ne le permet actuellement l'échantillonnage quotidien qui y est effectué. L'échantillonnage devrait être effectué au moins chaque jour, de manière continue ou en fonction d'événements susceptibles d'entraîner une probabilité élevée de contamination. Les résultats de la modélisation indiquent que la zone de recirculation au sud de la baie de Shediac pourrait constituer un emplacement stratégique d'échantillonnage fréquent pour fournir les premiers indices de contamination potentielle de la plage Parlee.
- d. Outre l'exigence de procéder à un échantillonnage fréquent aux principales sources potentielles de bactéries, la prévision ou l'observation des conditions de courants favorables aux voies de transport est nécessaire à l'établissement de prévisions efficaces. Un système de prévision de la qualité de l'eau

exigerait de connaître les conditions de courants passées et actuelles, ainsi qu'une prévision des futures conditions de courants pendant la période souhaitée, fondée sur les prévisions des conditions météorologiques et océanographiques.

- e. Les conditions de courants côtiers, tant passées qu'actuelles, pourraient être déterminées par la surveillance permanente des courants à l'aide d'instruments mis en place à des emplacements stratégiques, comme à l'extrémité ouest de la plage Parlee, ou par l'utilisation opérationnelle continue d'un modèle validé de rétrospection. Compte tenu de l'insuffisance de données recueillies à ce jour sur les courants *in situ* pour la validation du modèle, la collecte de données sur les courants, au moins sur une période d'un mois ou plus, serait à tout le moins recommandée pour la validation du modèle.
- f. Au moment d'examiner les possibilités d'investissement dans des capacités de surveillance et de prévision des courants afin d'appuyer les prévisions et la prise de décision en matière de qualité de l'eau, il pourrait s'avérer avantageux de prendre en compte la valeur ajoutée de ces systèmes en ce qui a trait, par exemple, à l'amélioration de la sécurité des visiteurs par la détection ou la prévision de conditions océanographiques dangereuses comme les courants d'arrachement.

## 6.0 MOT DE LA FIN

Le présent rapport présente les conclusions de l'évaluation du modèle de qualité de l'eau pour certaines périodes passées d'intérêt, à l'appui des initiatives du MEGL visant à assurer la meilleure qualité d'eau possible à la plage Parlee. Veuillez communiquer avec les soussignés si vous avez des commentaires ou des questions à propos du rapport.

Cordialement,

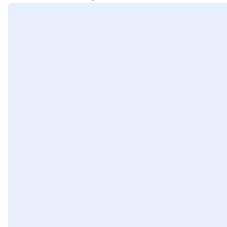
**Wood Environment & Infrastructure Solutions, une division de Wood Canada Limited**

Préparé par :



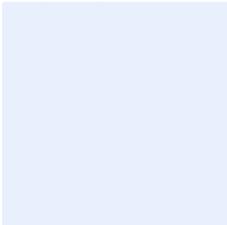
Trajce Alcinov, M.Sc.  
Océanographe principal

Révisé par :



Patrick Roussel, M.Ing., M.Sc.  
Océanographe associé

Préparé par :



Juan Gonzalez-Lopez, Ph.D.  
Océanographe

Préparé par :



Jamie Morris, M.Sc.  
Océanographe

## 7.0 BIBLIOGRAPHIE

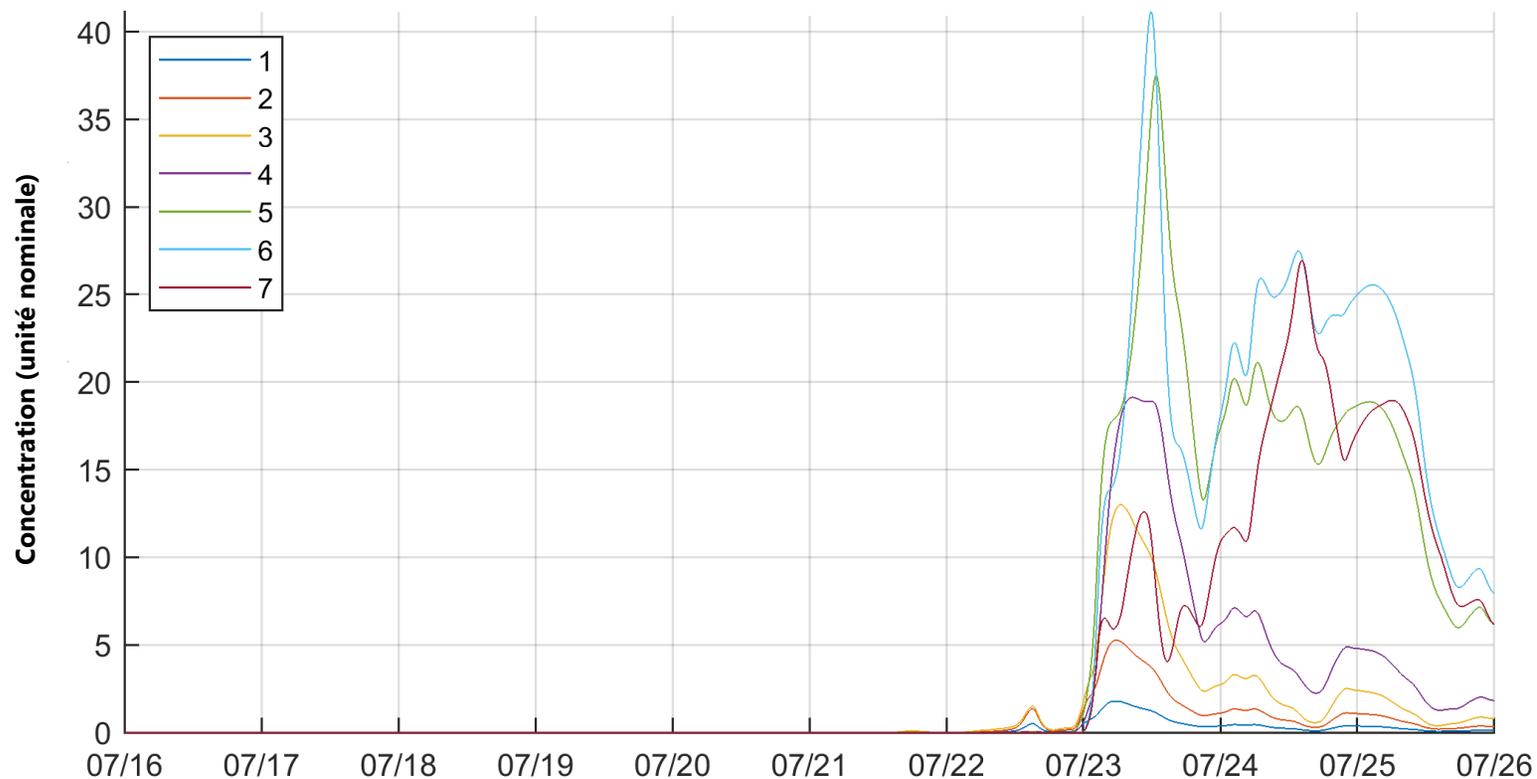
Amec Foster Wheeler (maintenant Wood), 2017. *Modèle hydrodynamique de la plage Parlee et de la baie de Shediac*, étude menée pour le ministère de la Santé, gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2017.

NCEP. 2019. National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Climate Forecast System (CFS) version 2, 2019. (Disponible à l'adresse : <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/climate-forecast-system-version2-cfsv2>).

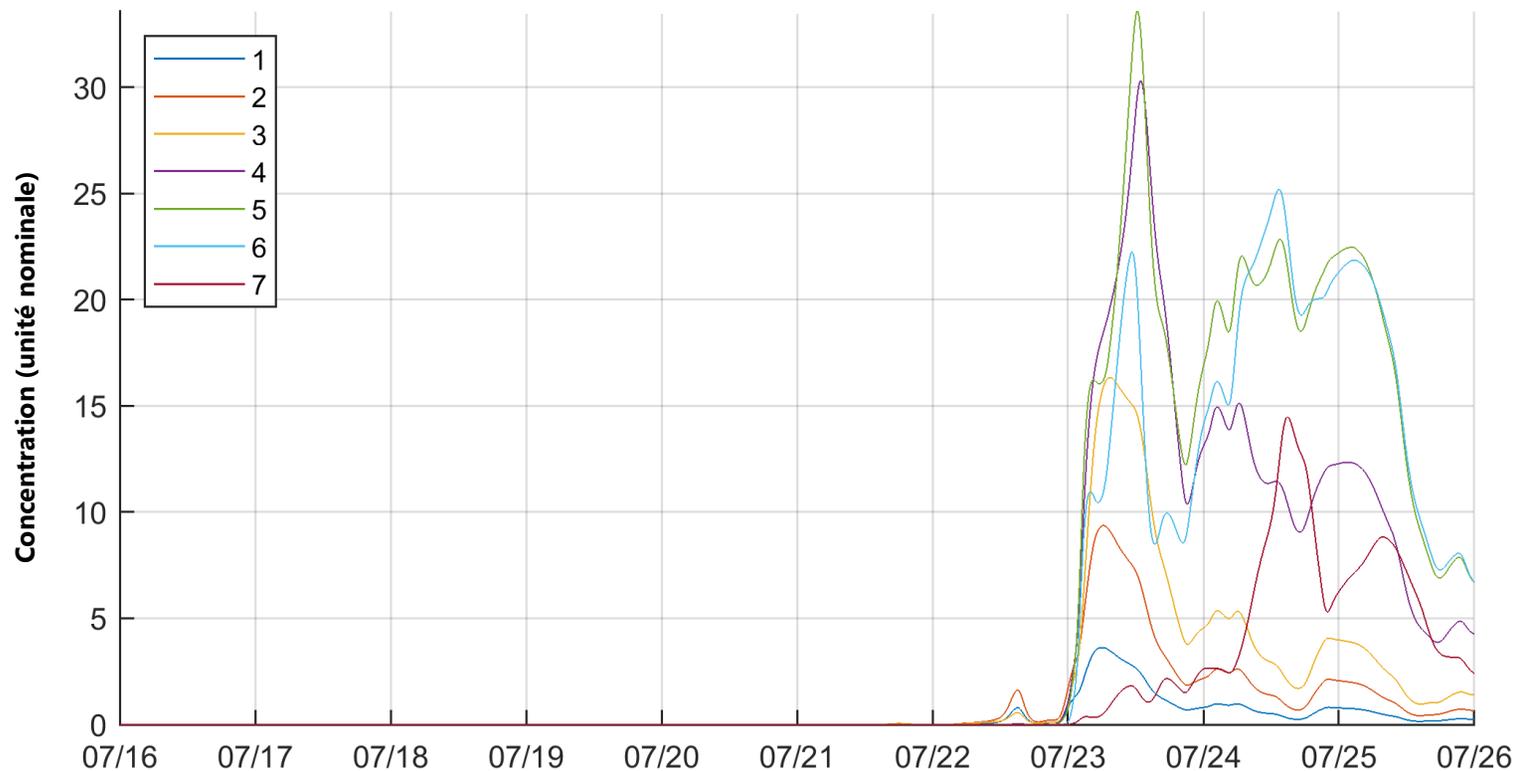
NOAA. 2019. *CPC Morphing Technique (CMORPH) Global Precipitation Analyses*, tirées d'observations satellitaires en orbite basse, 2019. Disponible à l'adresse : <https://rda.ucar.edu/datasets/ds502.0/>).

**ANNEXE A : SÉRIE CHRONOLOGIQUE DE CONCENTRATION BACTÉRIENNE MODÉLISÉE (UNITÉ NOMINALE) À LA PLAGE  
PARLEE POUR TOUTES LES SOURCES POSSIBLES DE SUBSTANCES POLLUANTES LIÉES AU DÉPASSEMENT 1 (23 JUILLET 2017)**

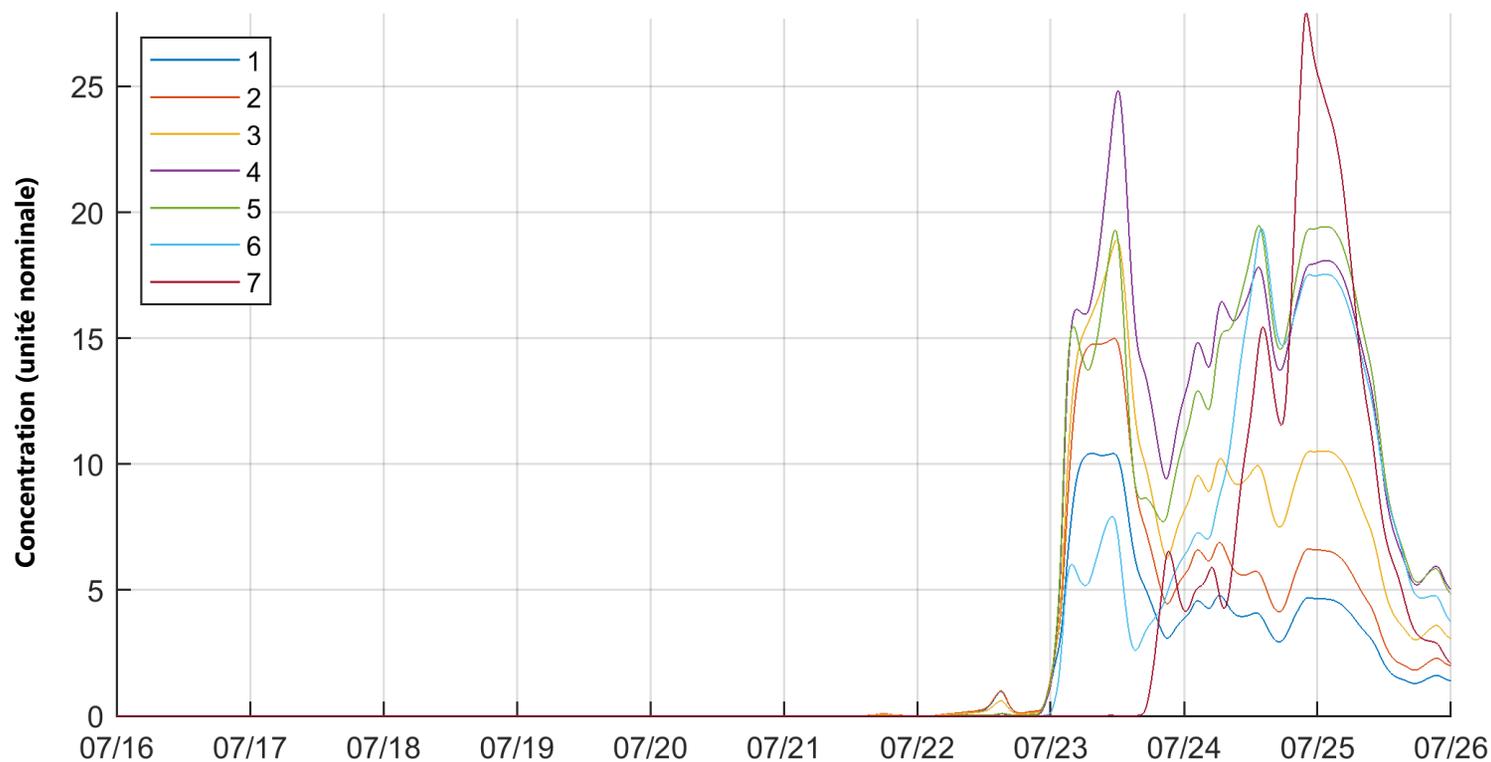
Déversement A à la plage Parlee, événement 1



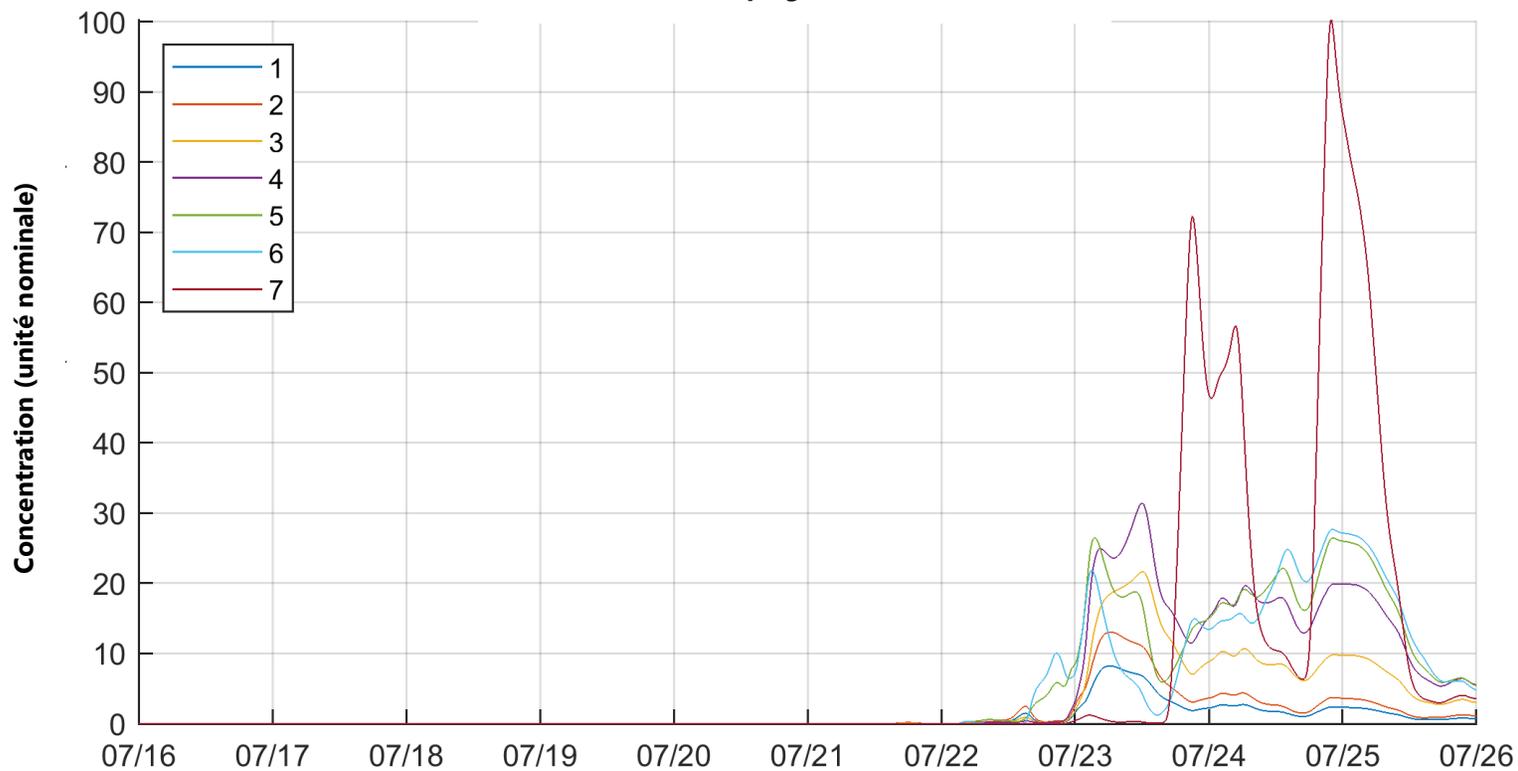
### Déversement B à la plage Parlee, événement 1



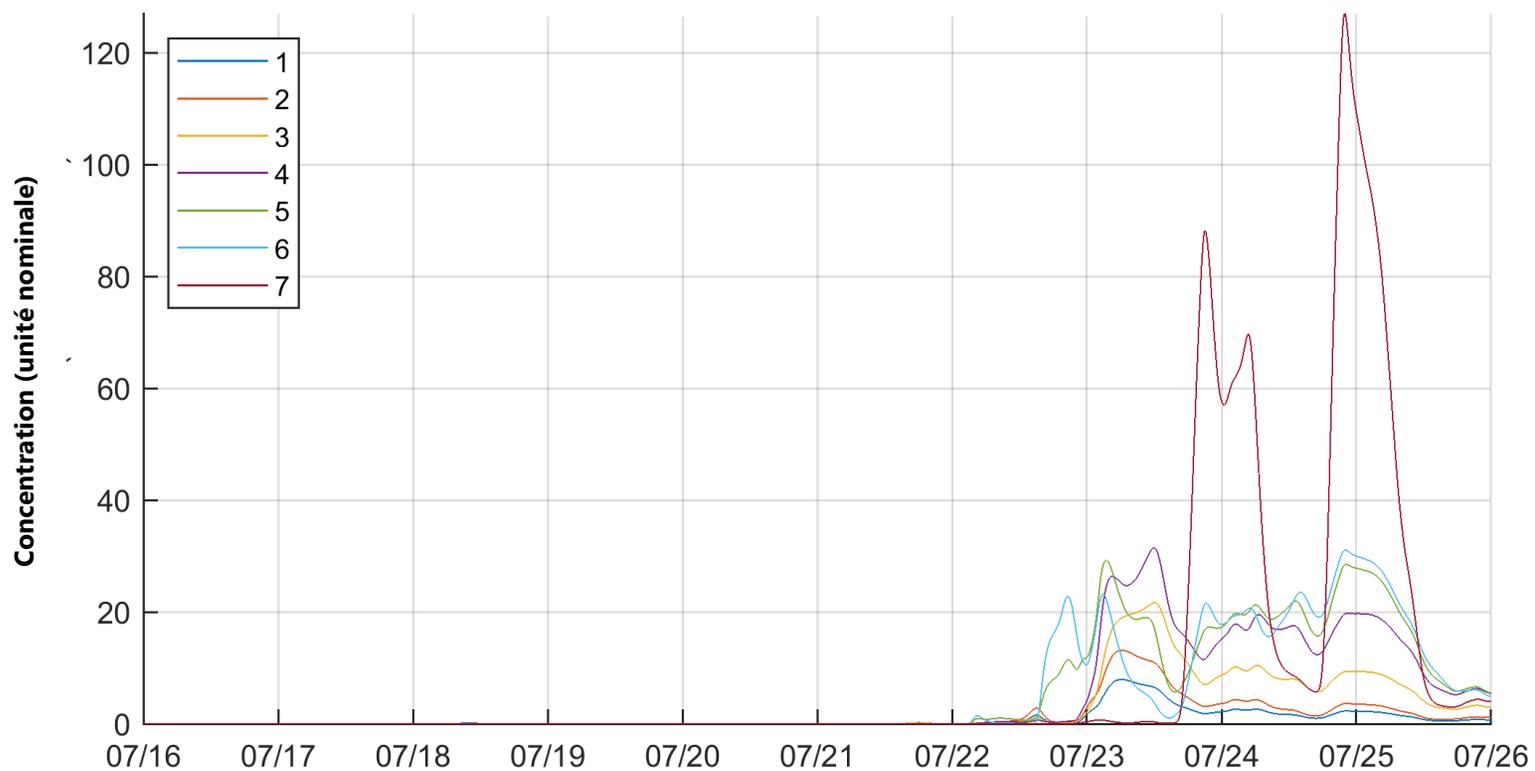
### Déversement C à la plage Parlee, événement 1



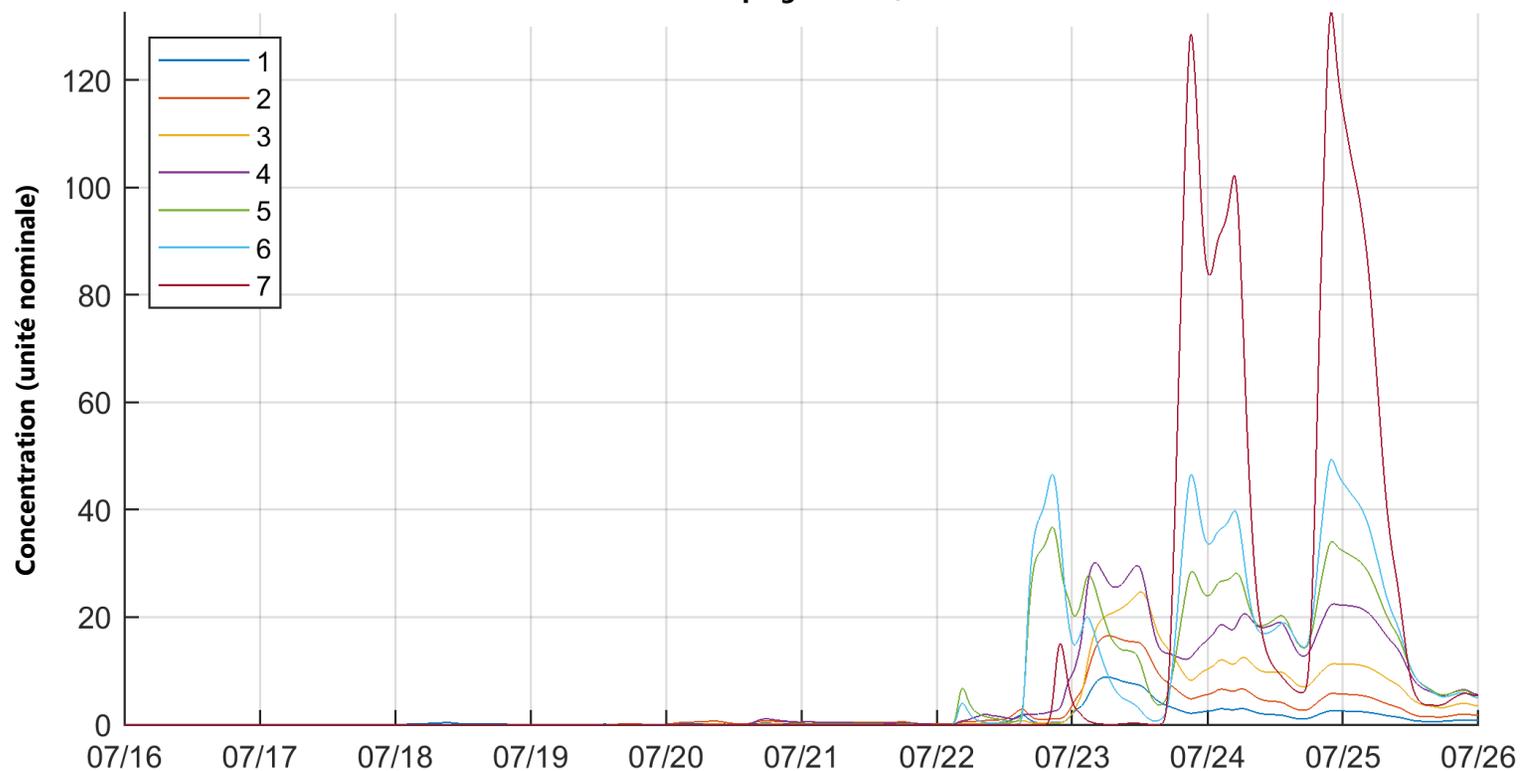
Déversement D à la plage Parlee, événement 1



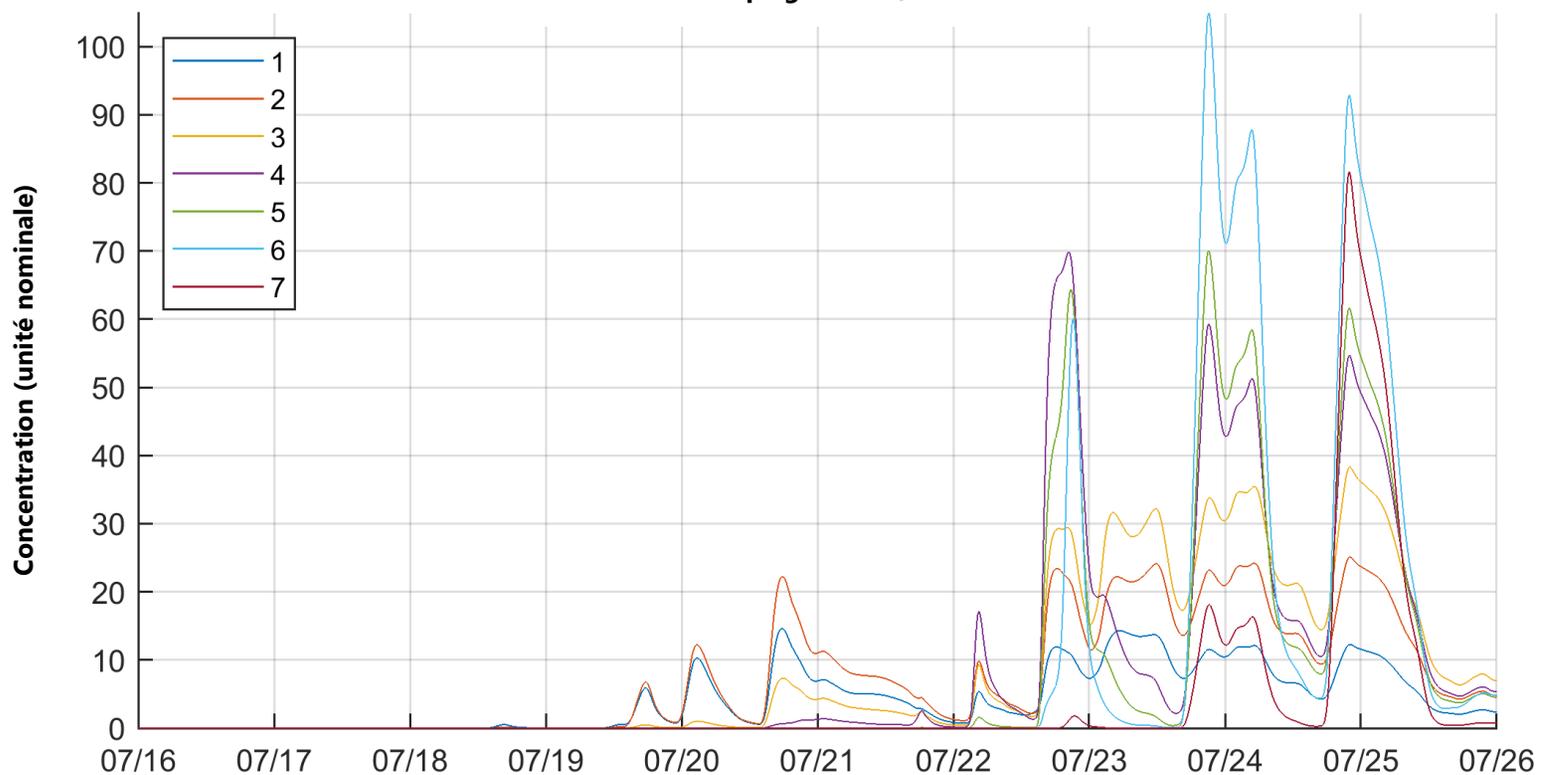
Déversement E à la plage Parlee, événement 1



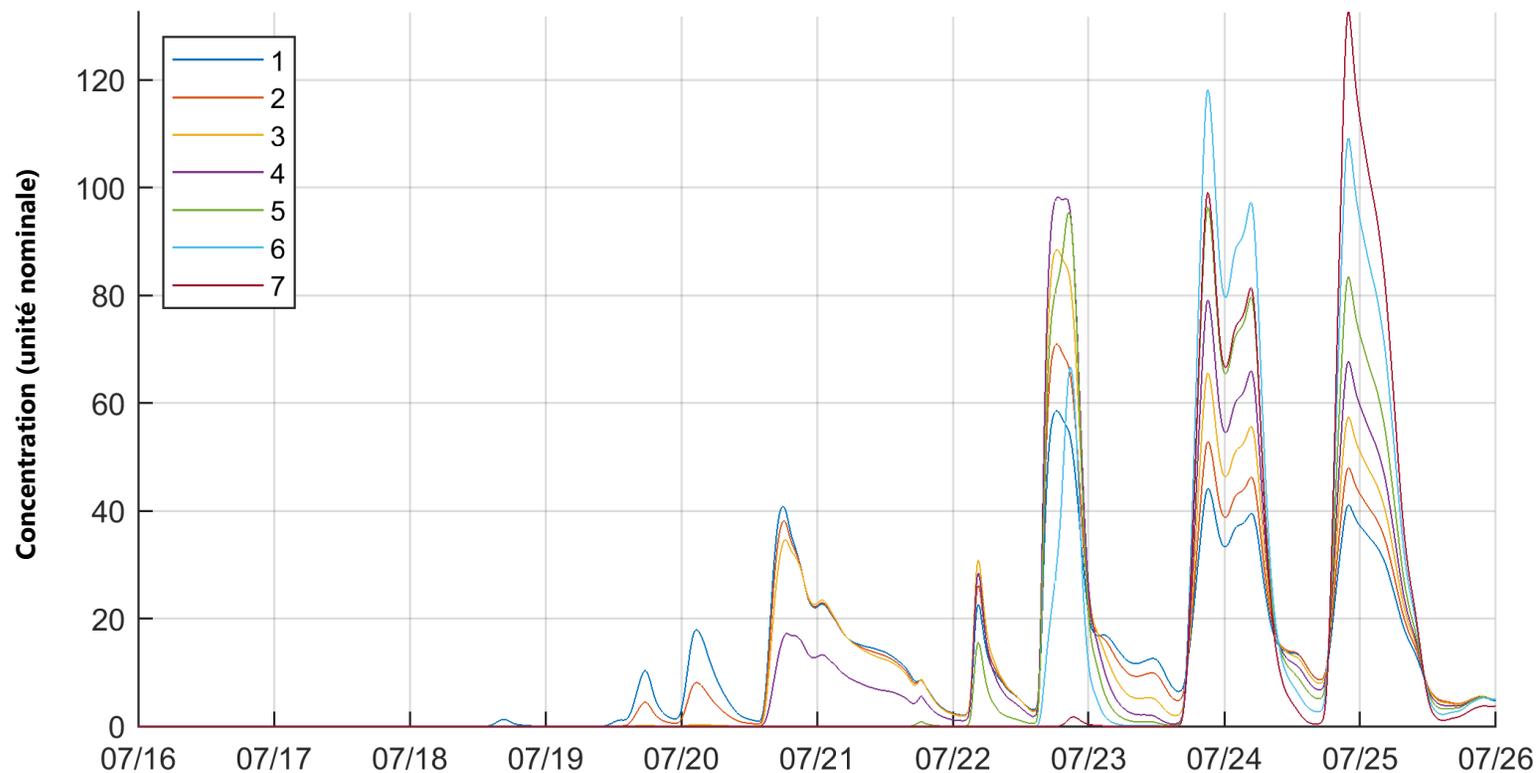
Déversement F à la plage Parlee, événement 1



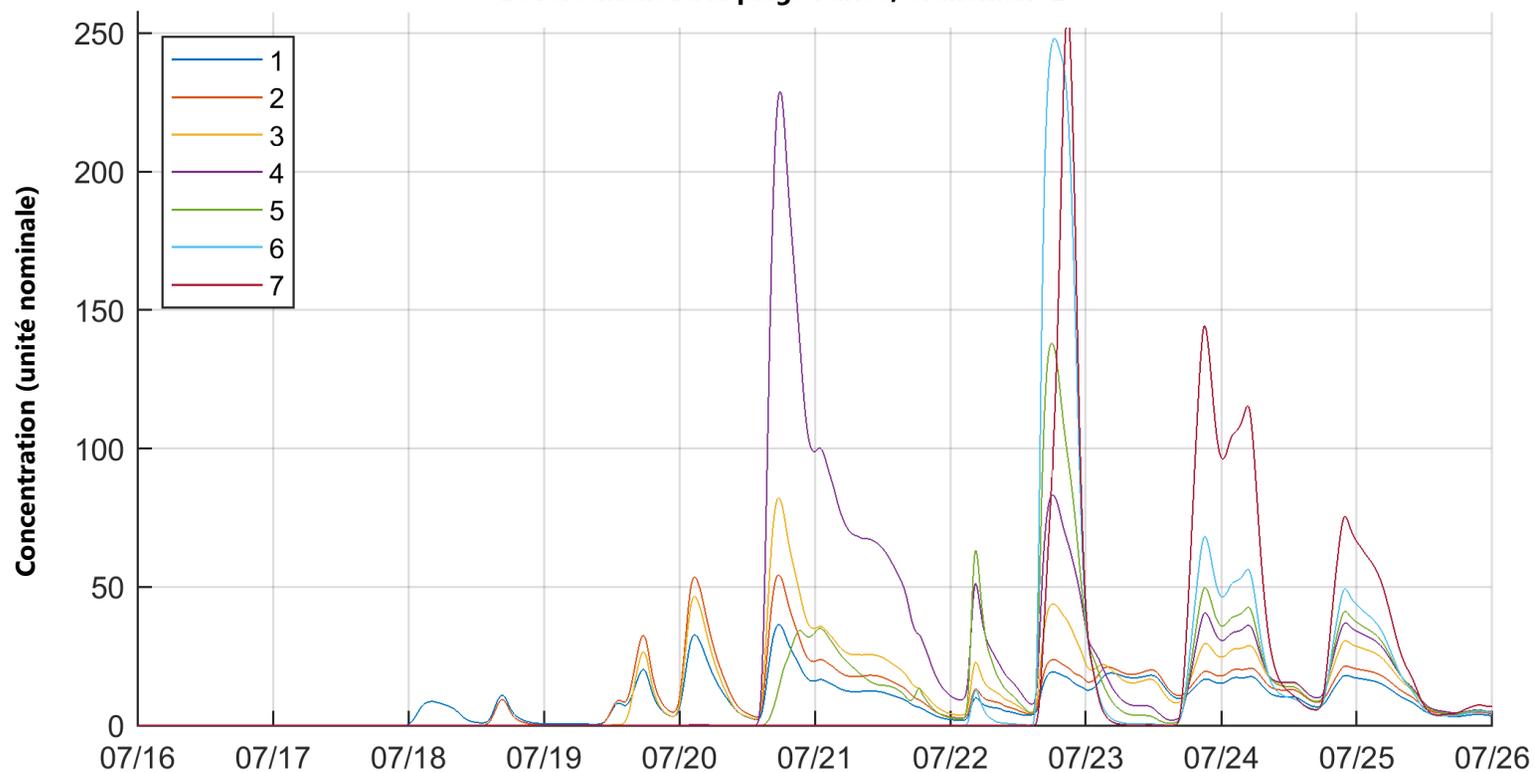
Déversement G à la plage Parlee, événement 1



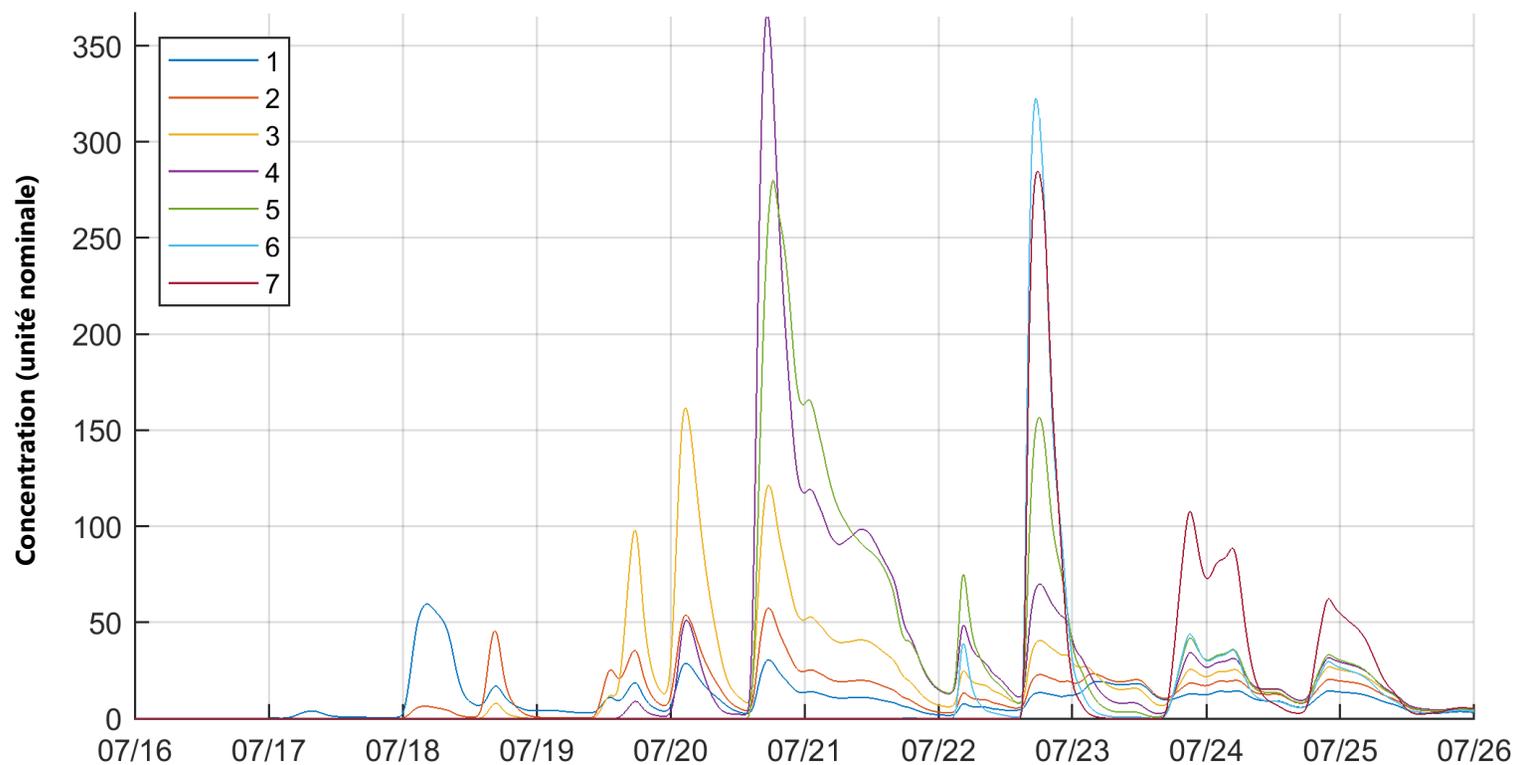
### Déversement H à la plage Parlee, événement 1



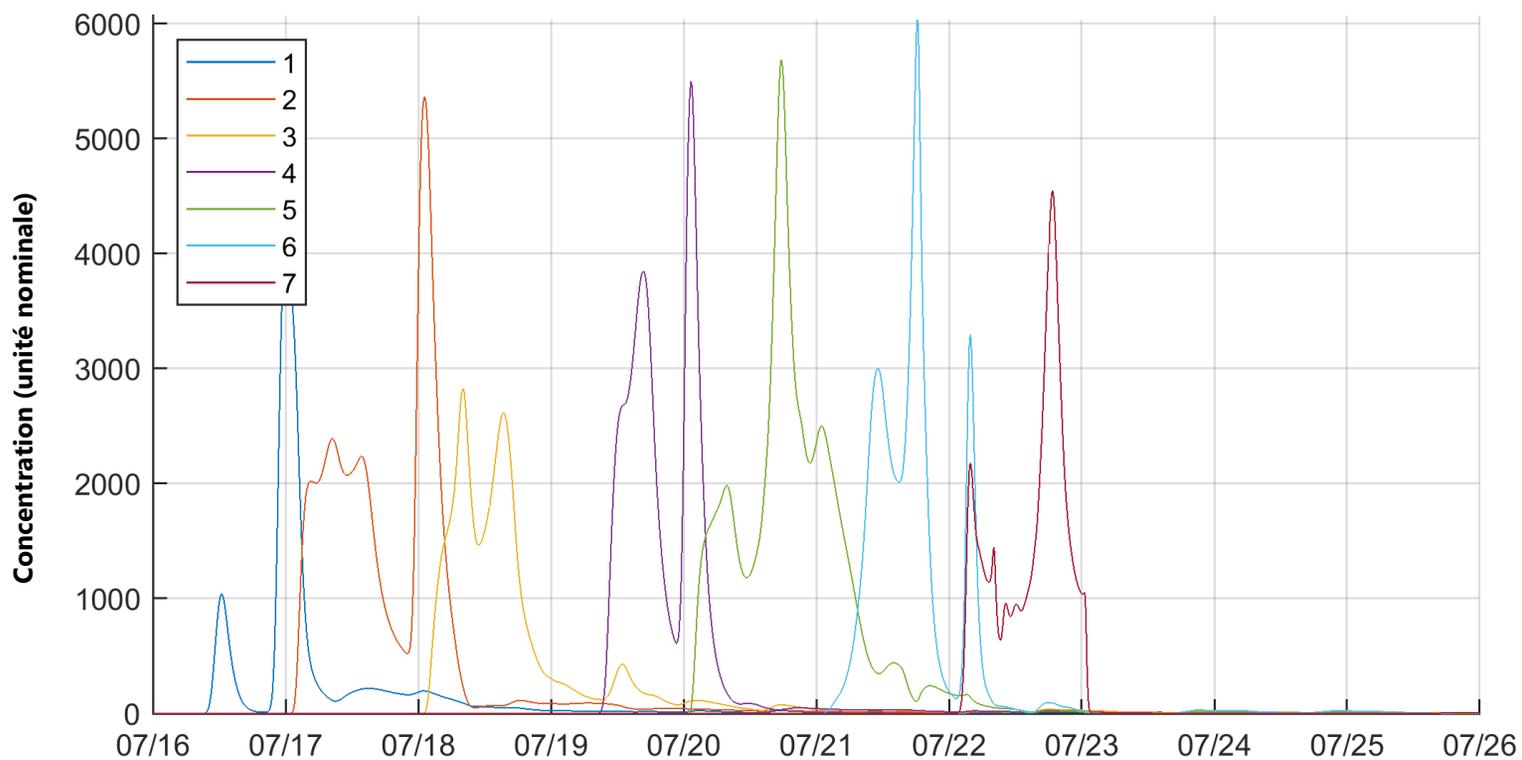
Déversement I à la plage Parlee, événement 1



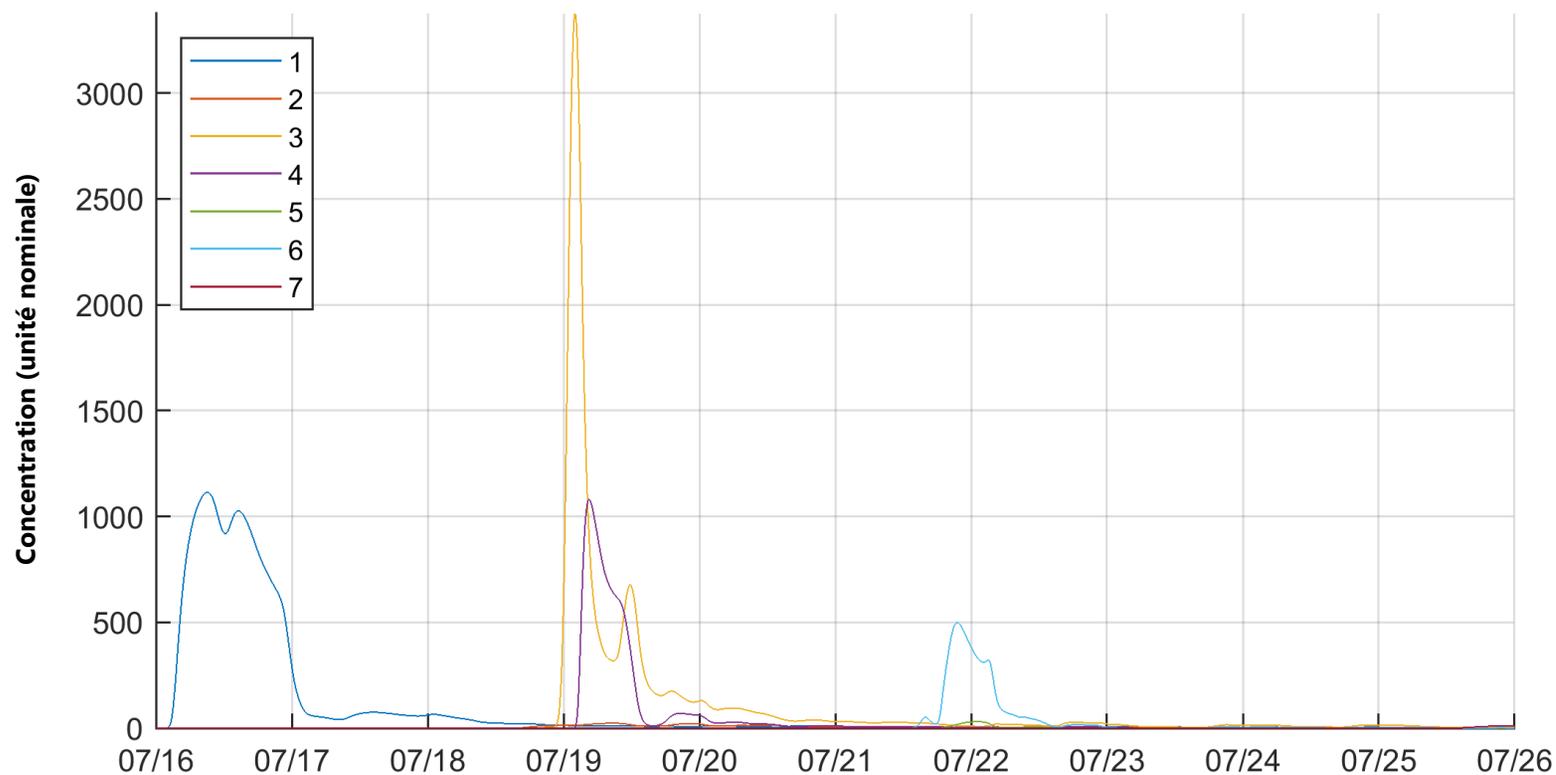
### Déversement J à la plage Parlee, événement 1



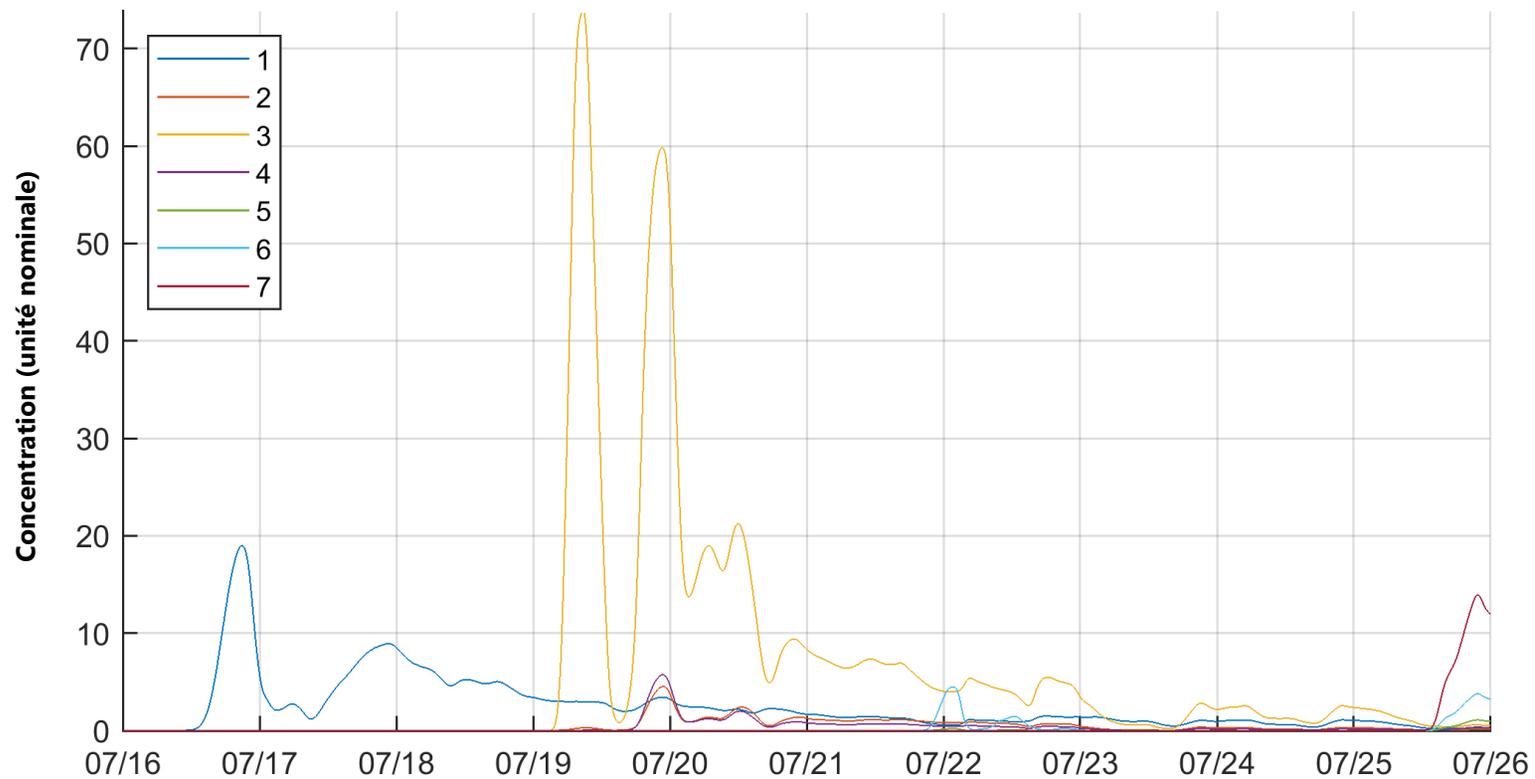
Déversement K à la plage Parlee, événement 1



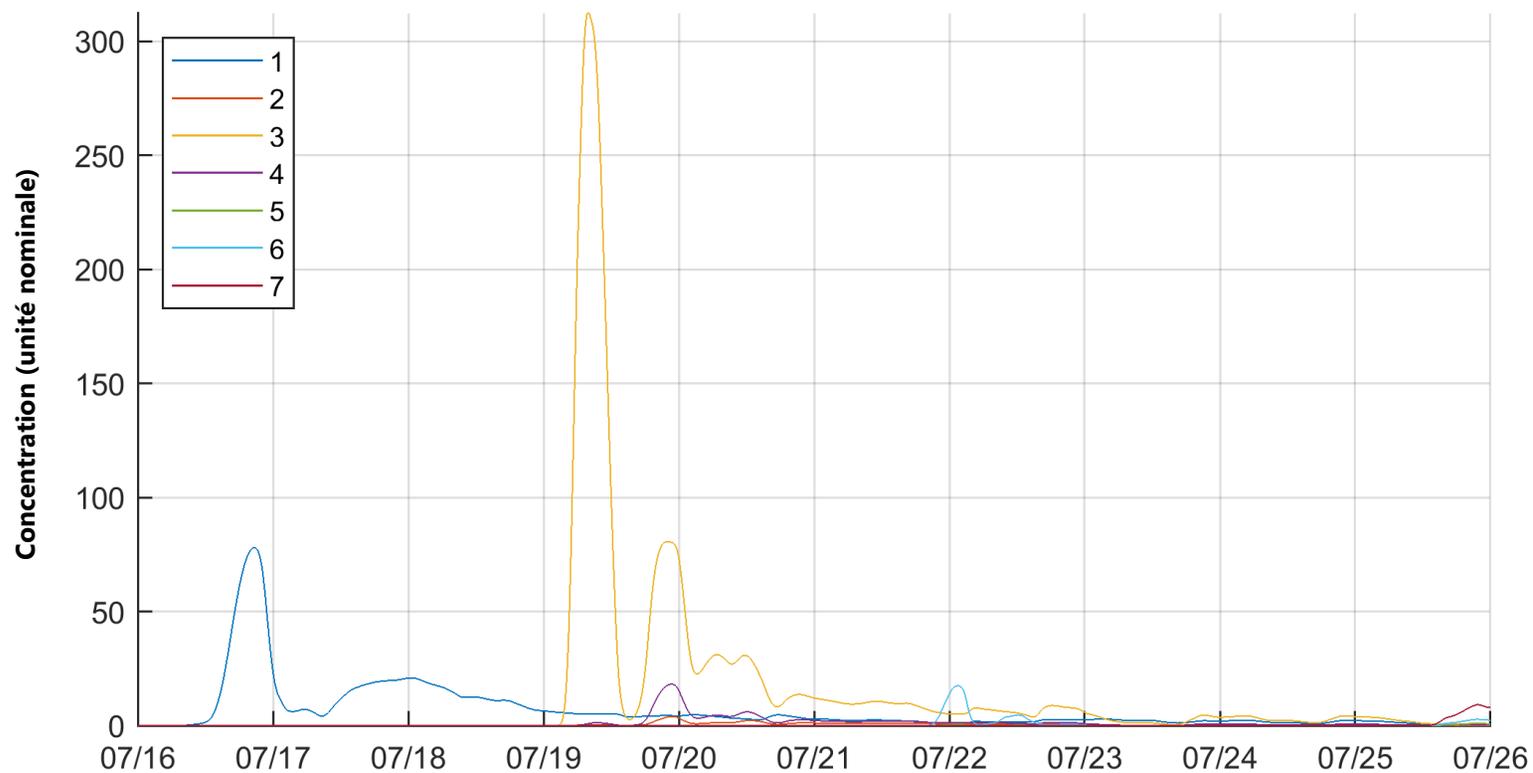
### Déversement L à la plage Parlee, événement 1



Déversement M à la plage Parlee, événement 1

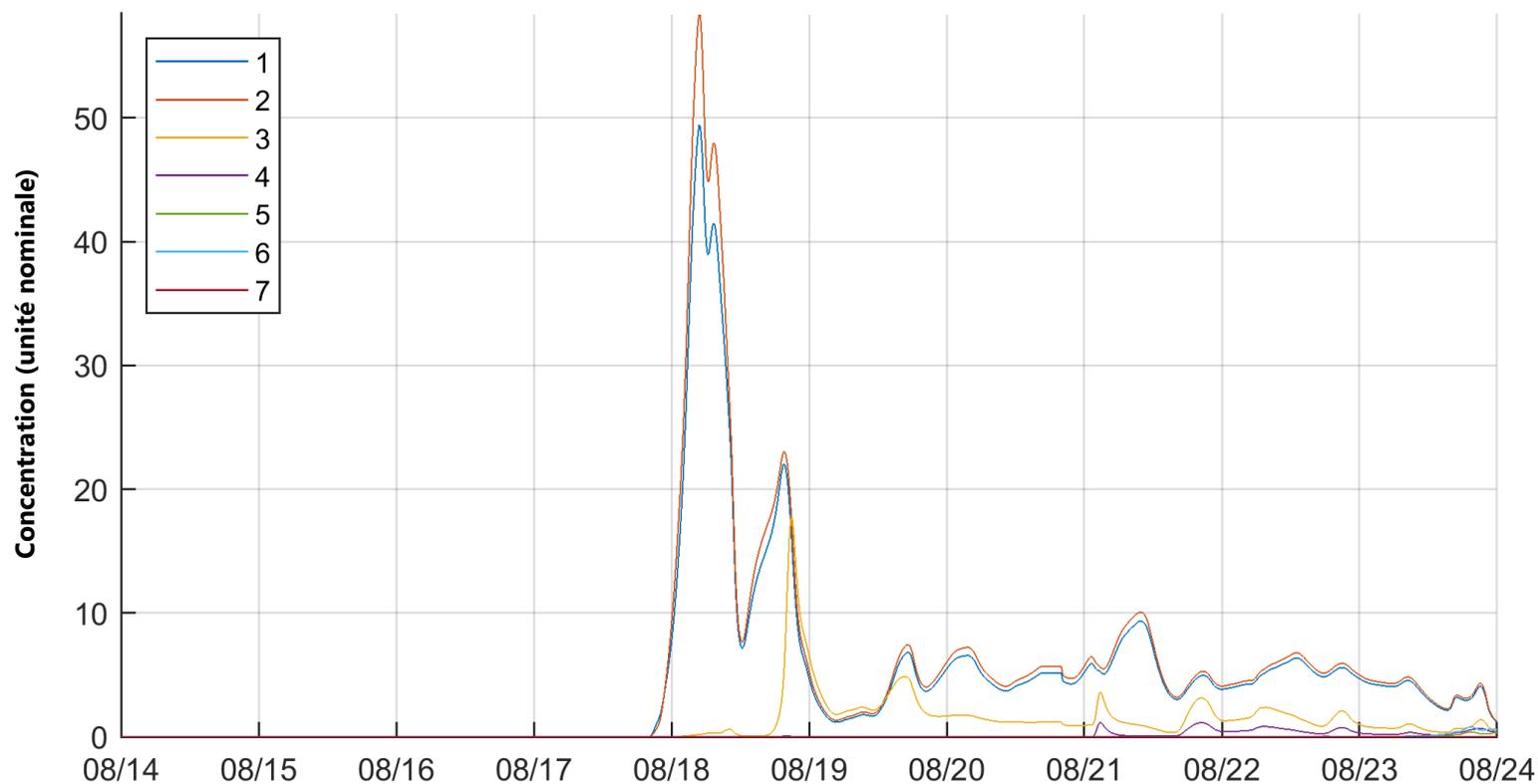


Déversement N à la plage Parlee, événement 1

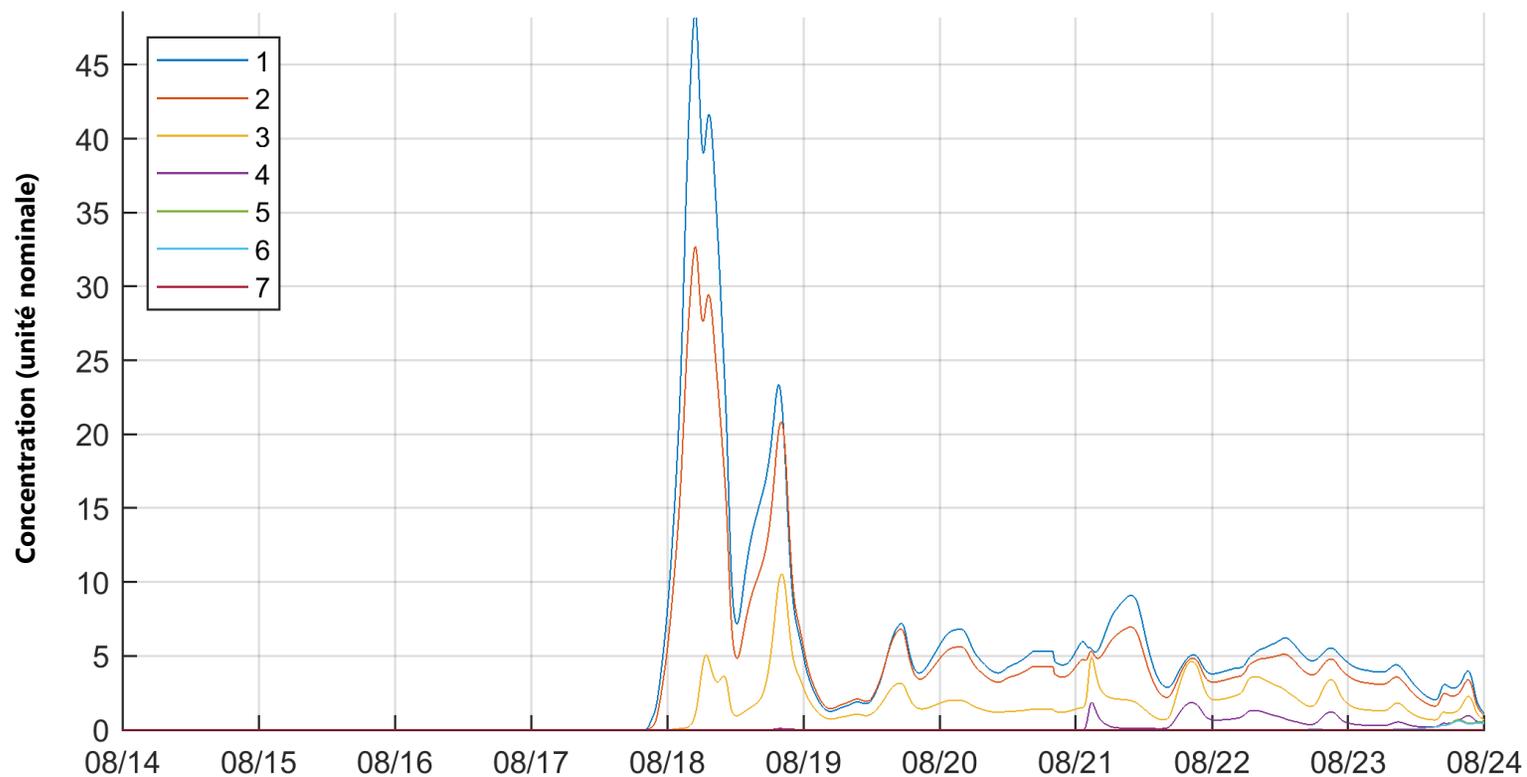


**ANNEXE B : SÉRIE CHRONOLOGIQUE DE CONCENTRATION BACTÉRIENNE MODÉLISÉE (UNITÉ NOMINALE) À LA PLAGE  
PARLEE POUR TOUTES LES SOURCES POSSIBLES DE SUBSTANCES POLLUANTES LIÉES AU DÉPASSEMENT 2 (22 AOÛT 2017)**

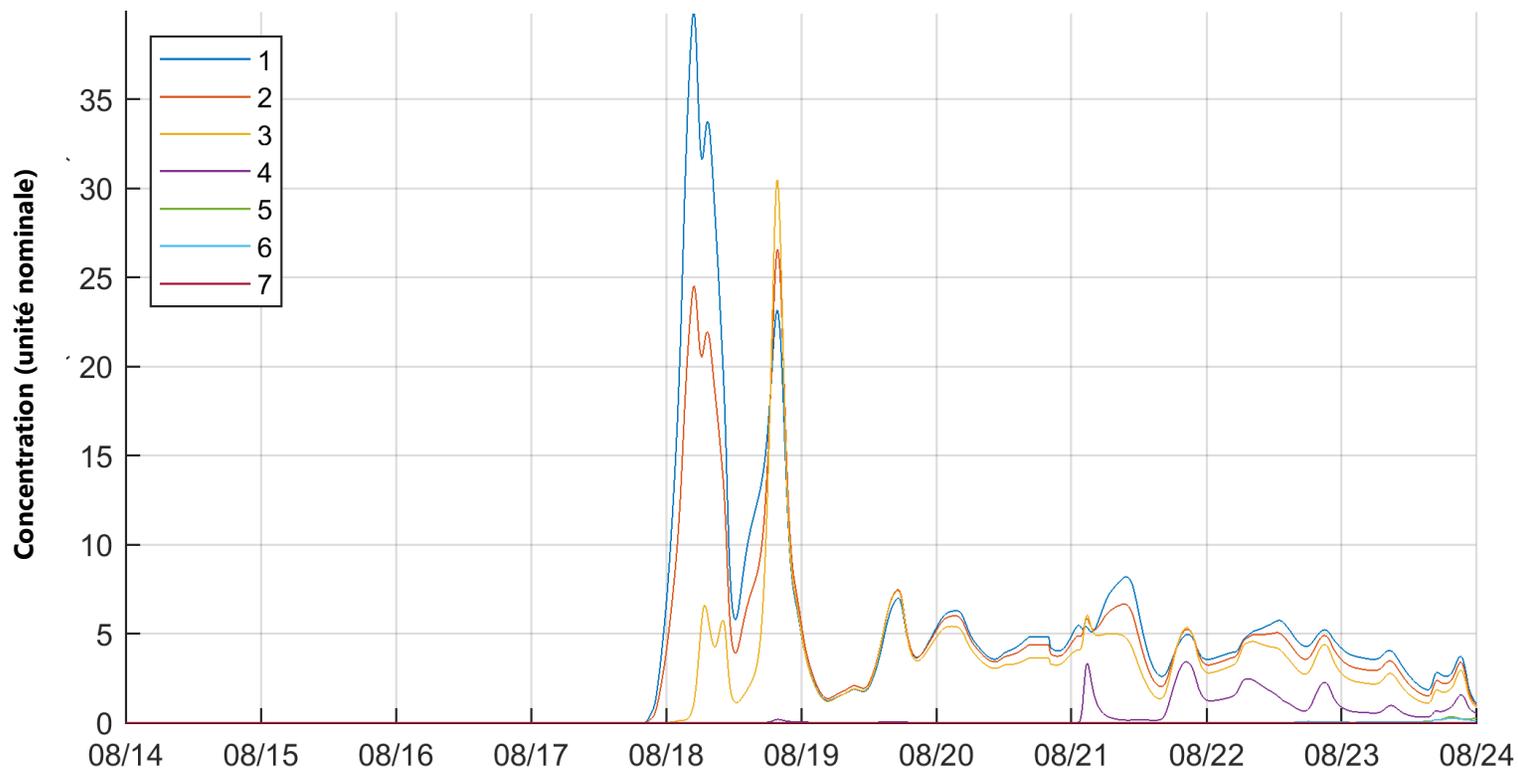
### Déversement A à la plage Parlee, événement 2



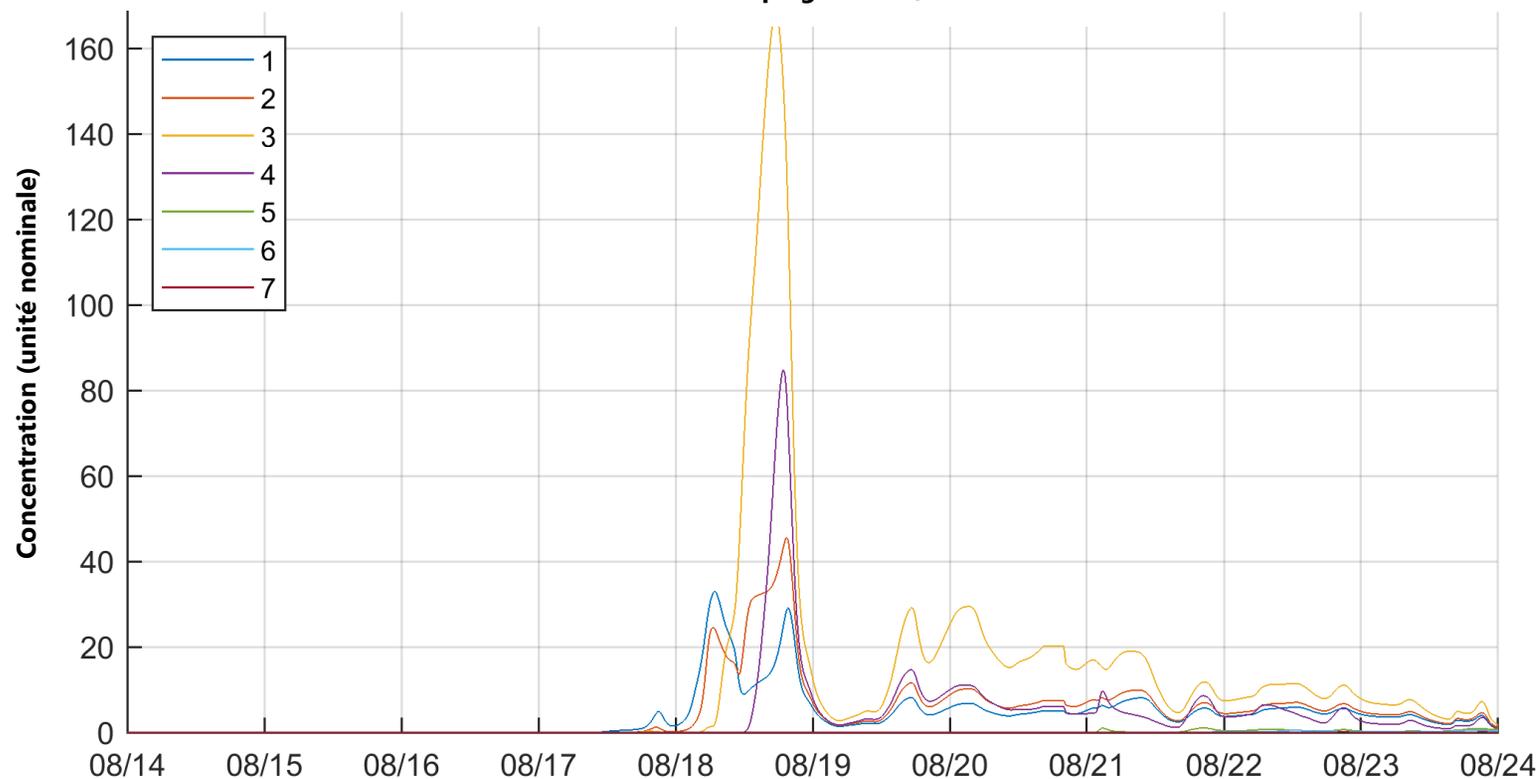
### Déversement B à la plage Parlee, événement 2



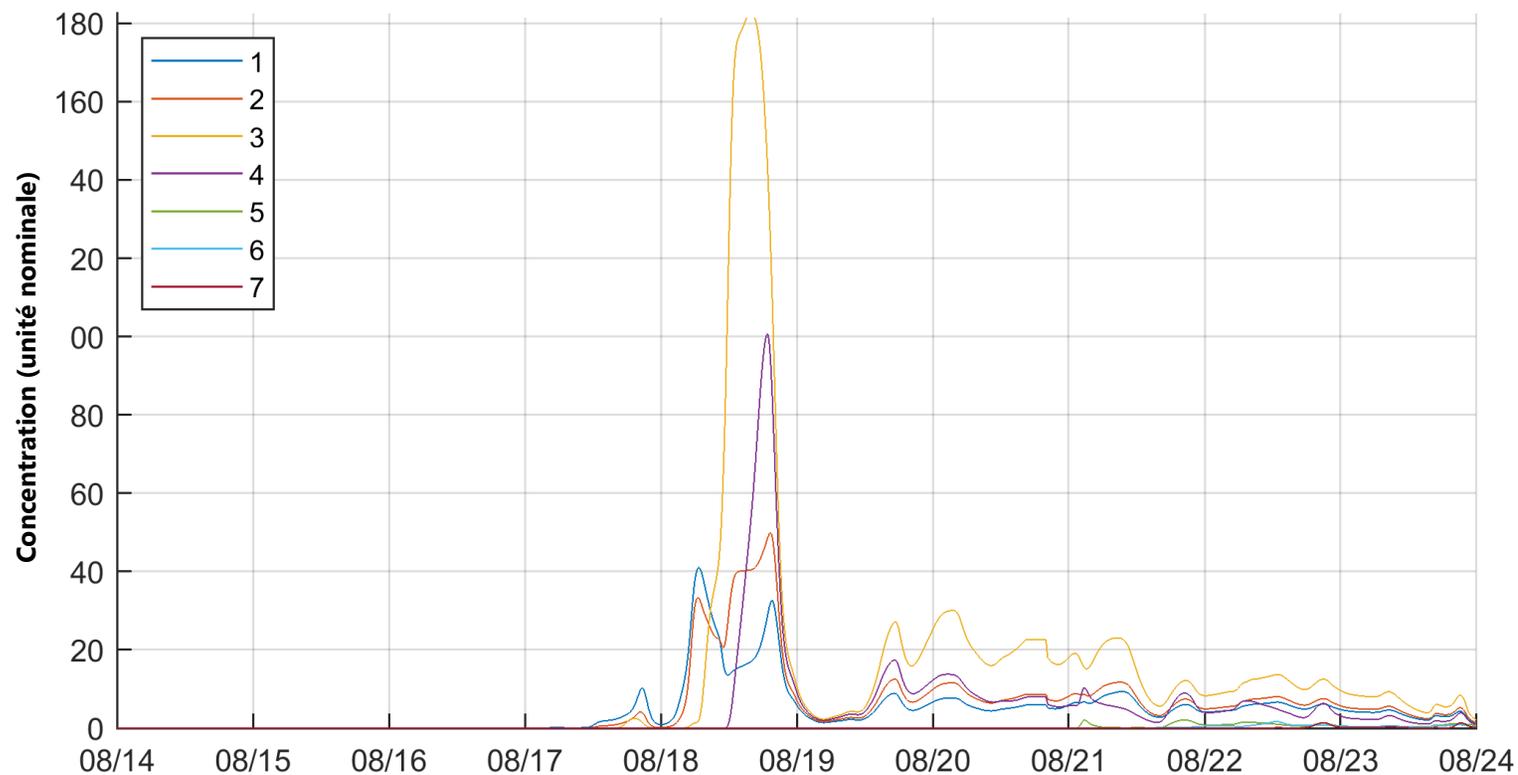
Déversement C à la plage Parlee, événement 2



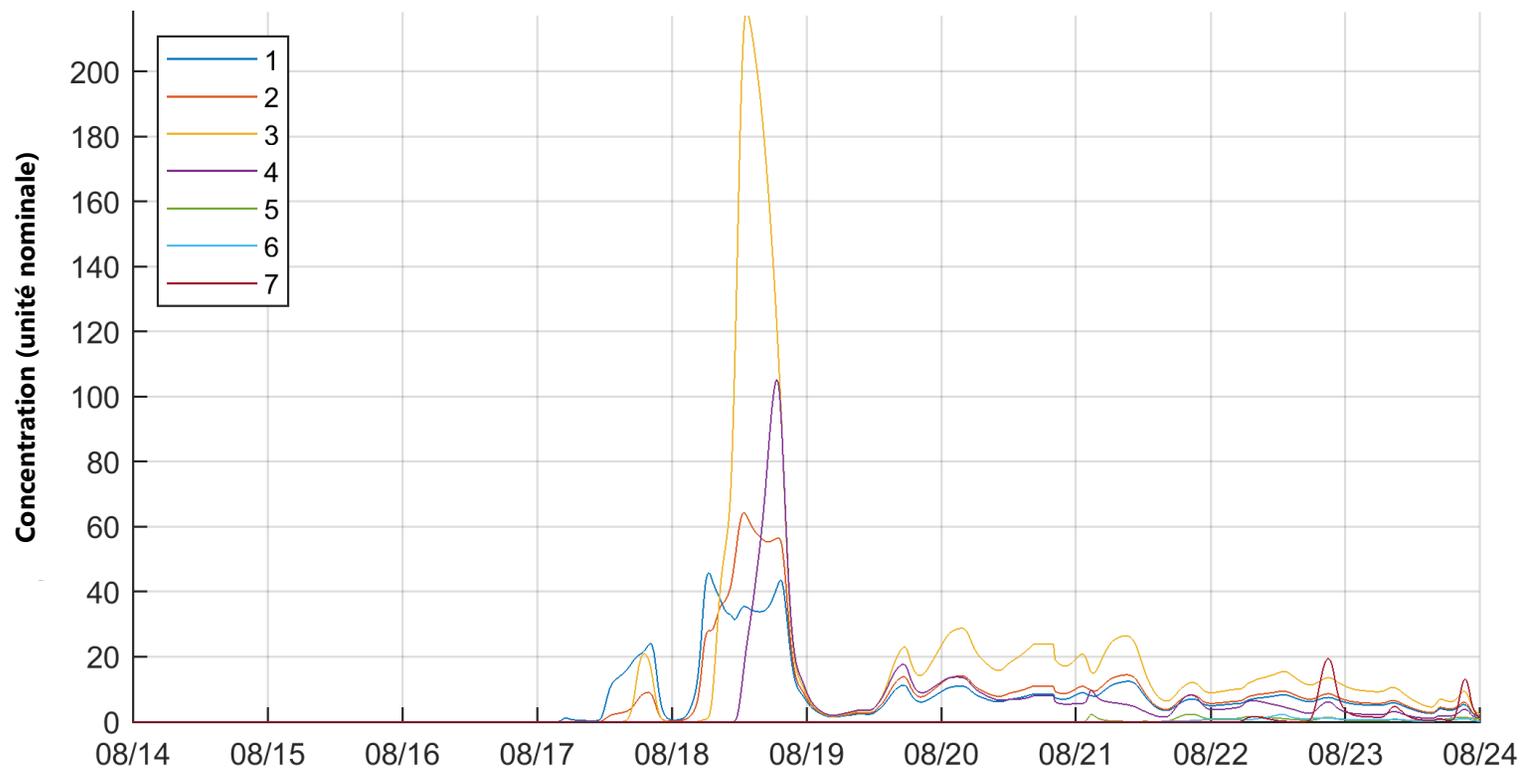
Déversement D à la plage Parlee, événement 2



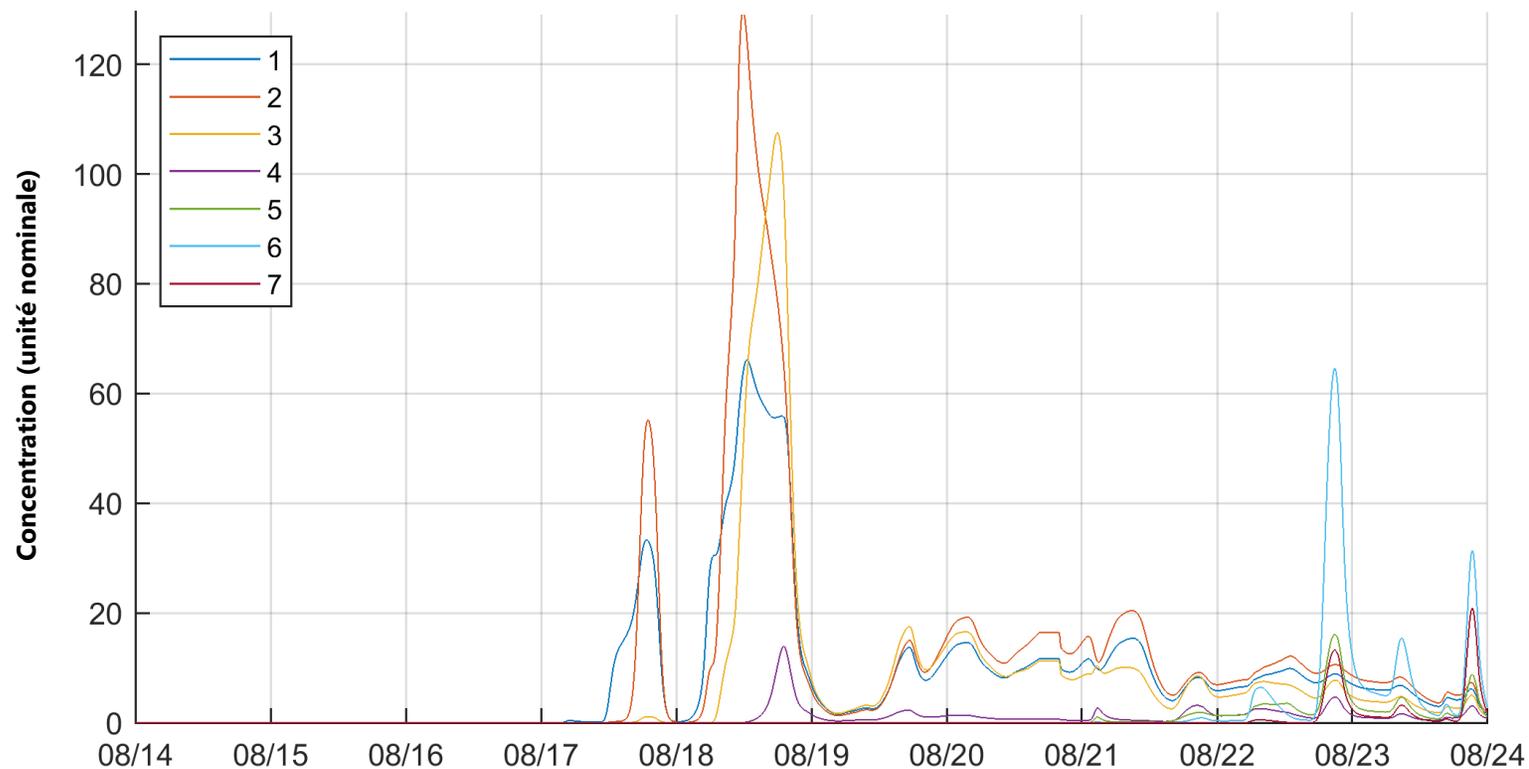
Déversement E à la plage Parlee, événement 2



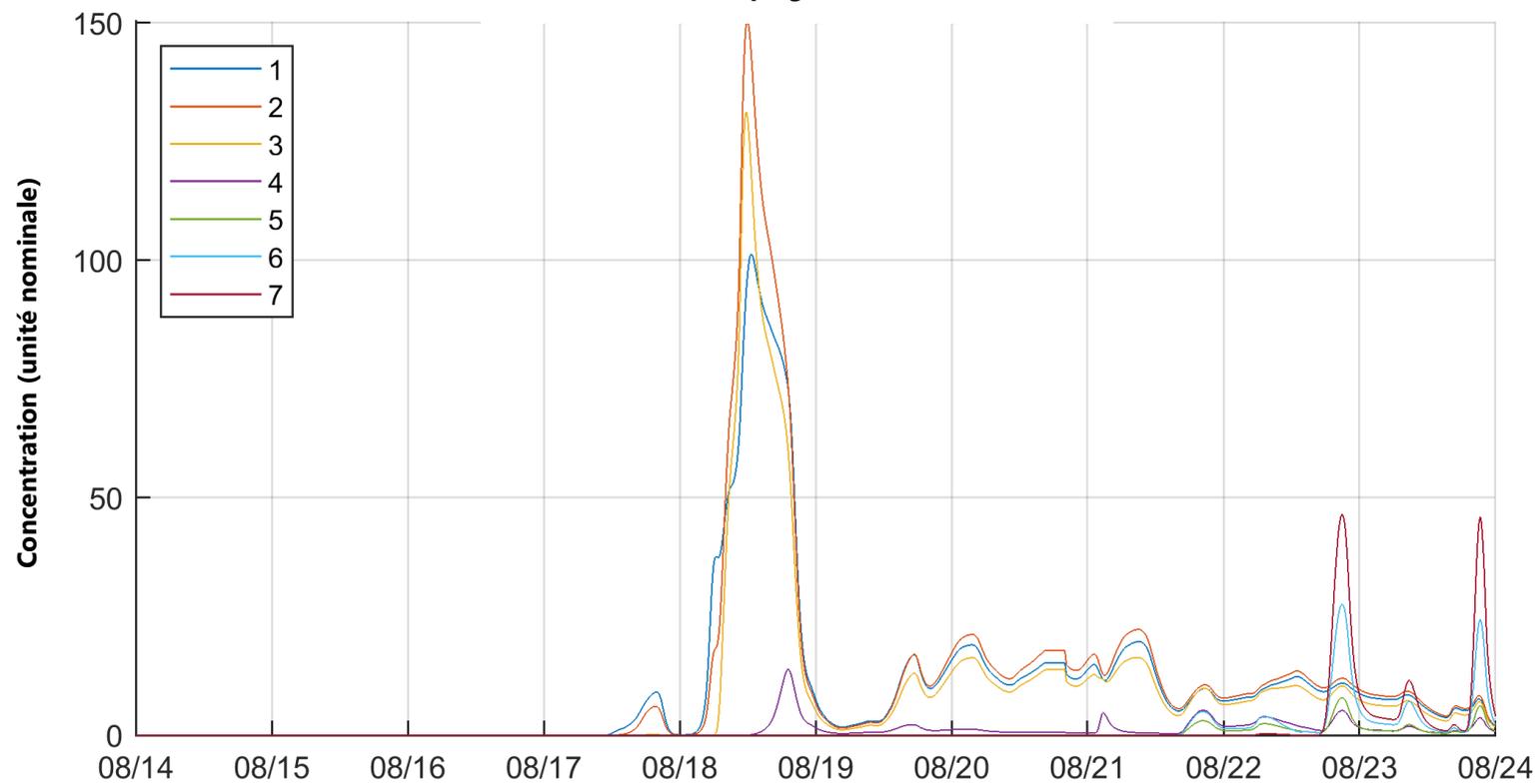
Déversement F à la plage Parlee, événement 2



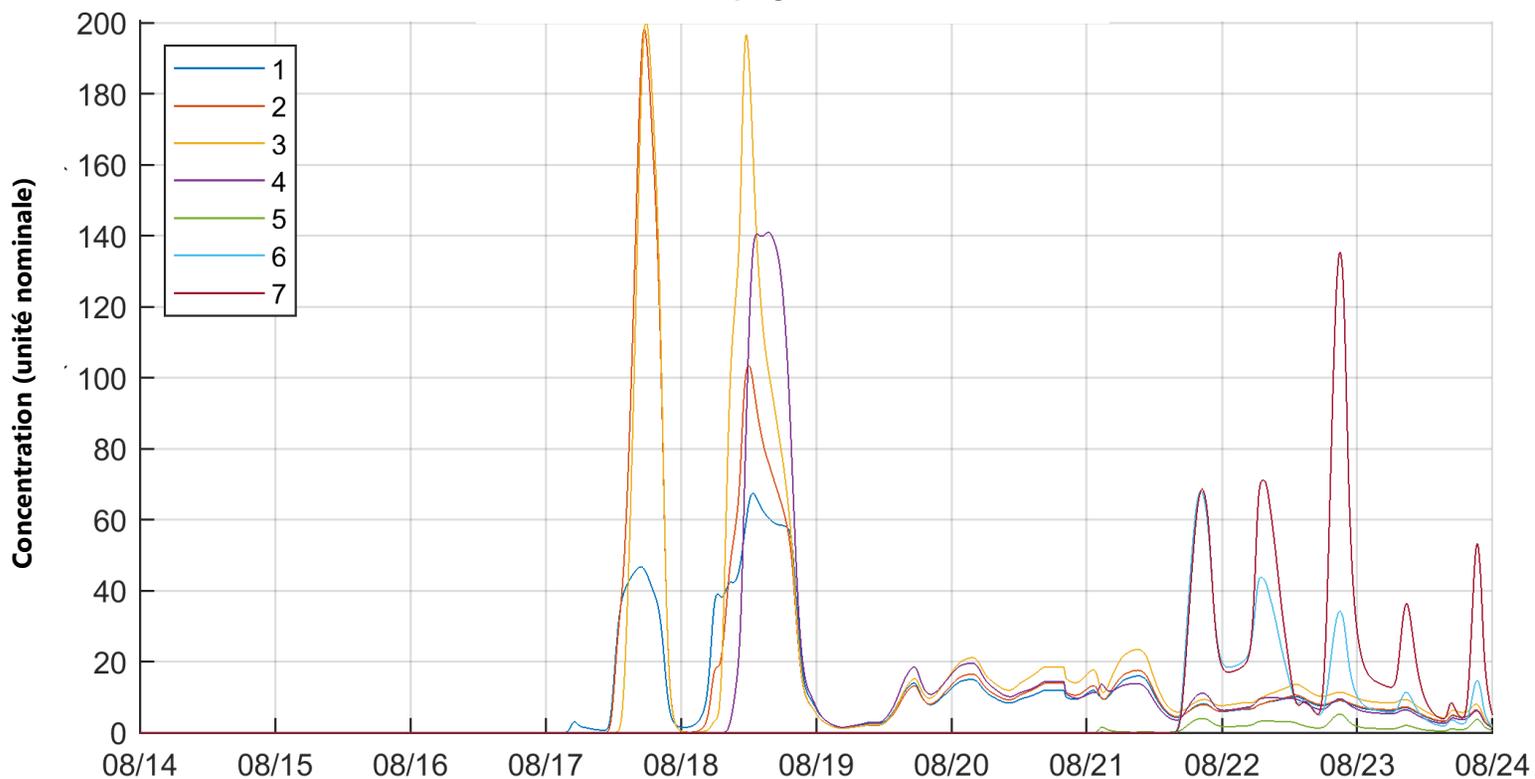
Déversement G à la plage Parlee, événement 2



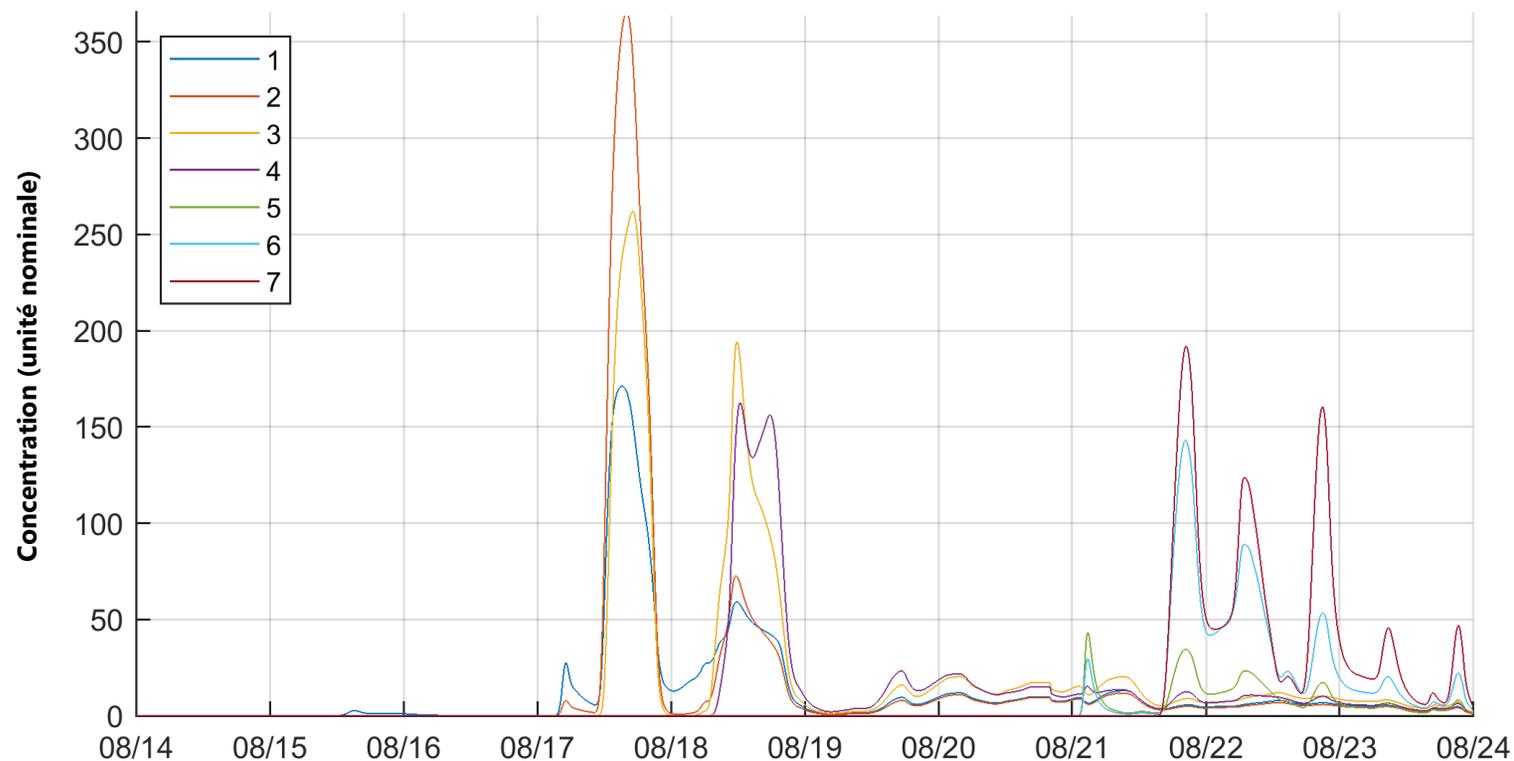
Déversement H à la plage Parlee, événement 2



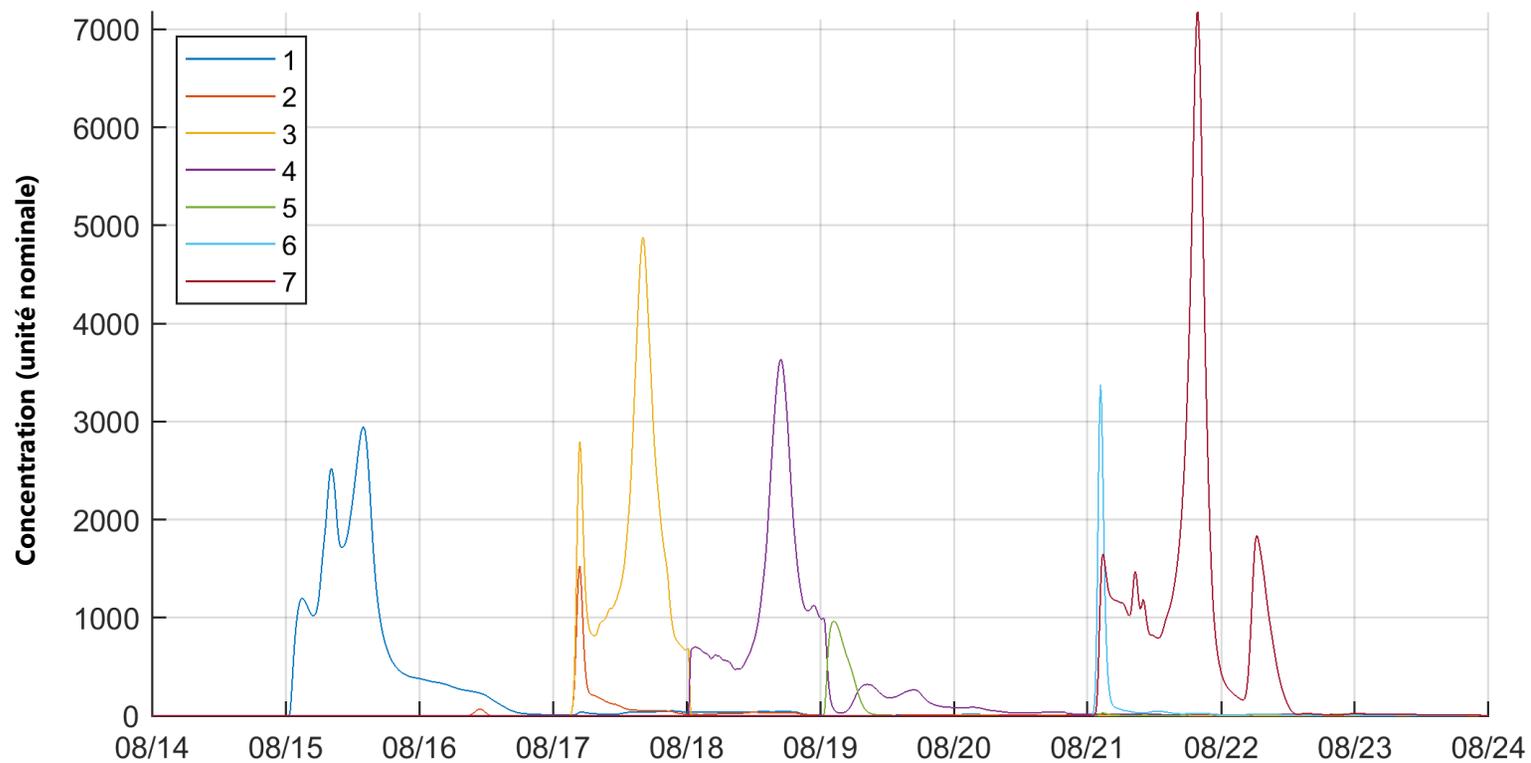
Déversement I à la plage Parlee, événement 2



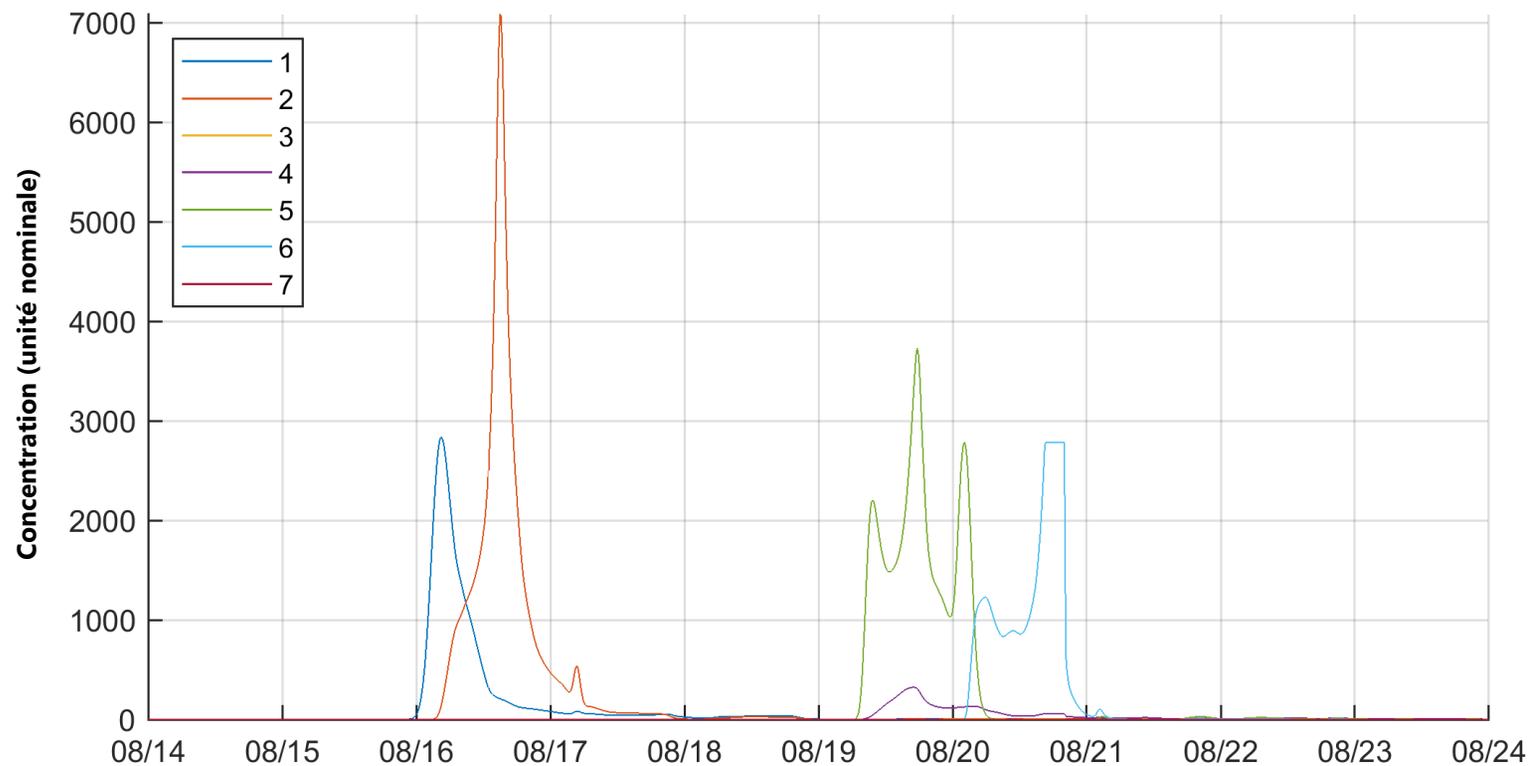
Déversement J à la plage Parlee, événement 2

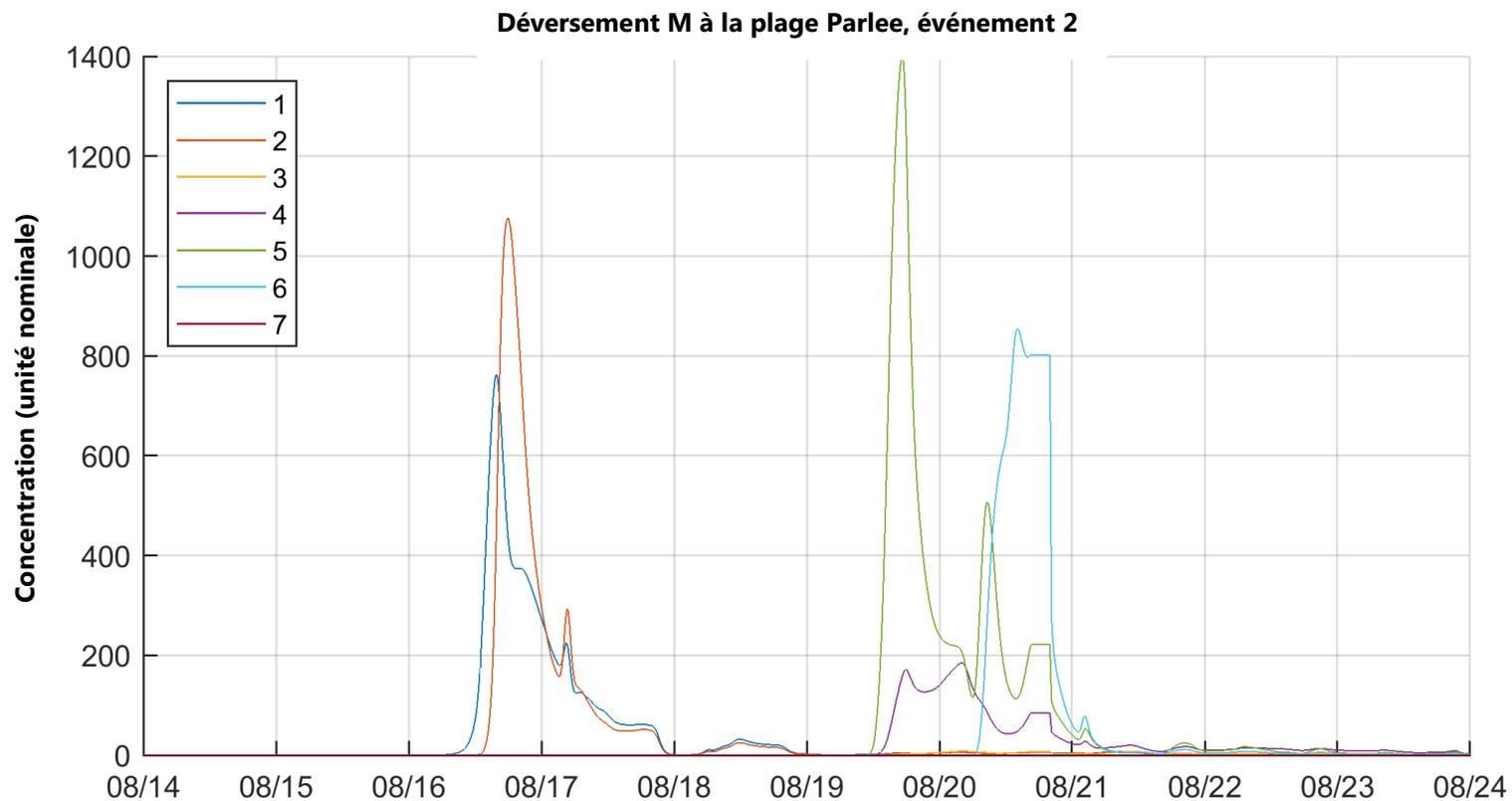


Déversement K à la plage Parlee, événement 2

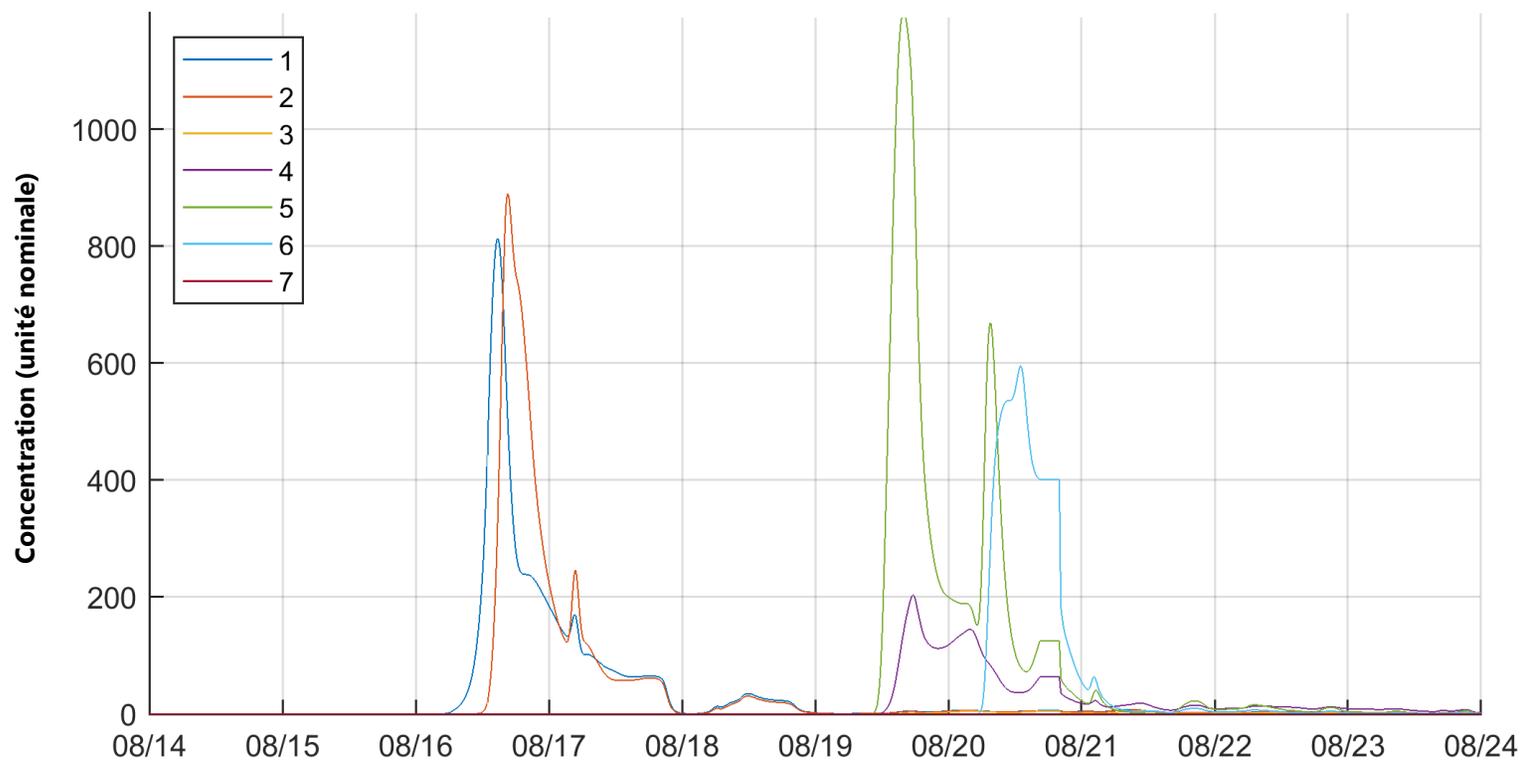


Déversement L à la plage Parlee, événement 2



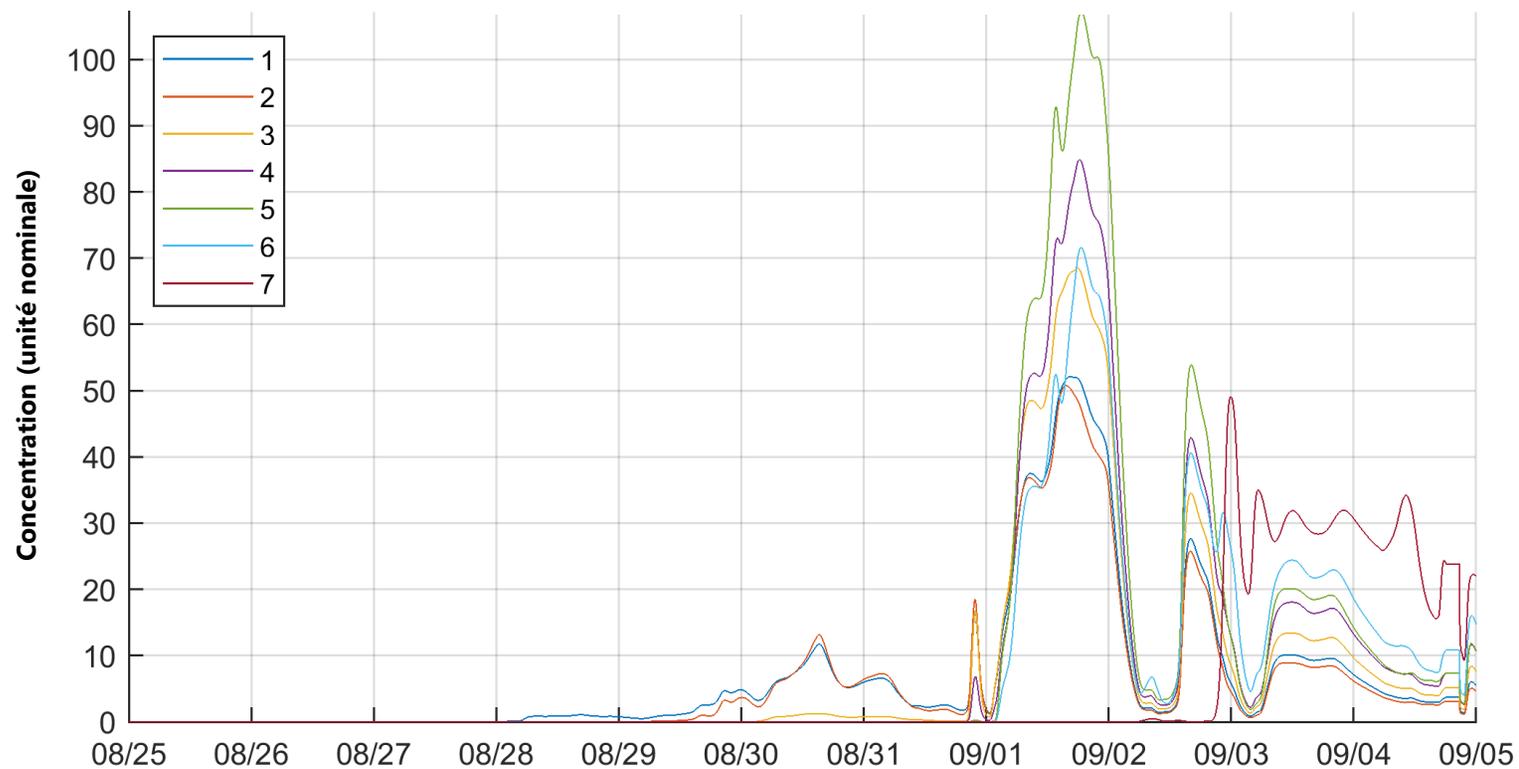


Déversement N à la plage Parlee, événement 2

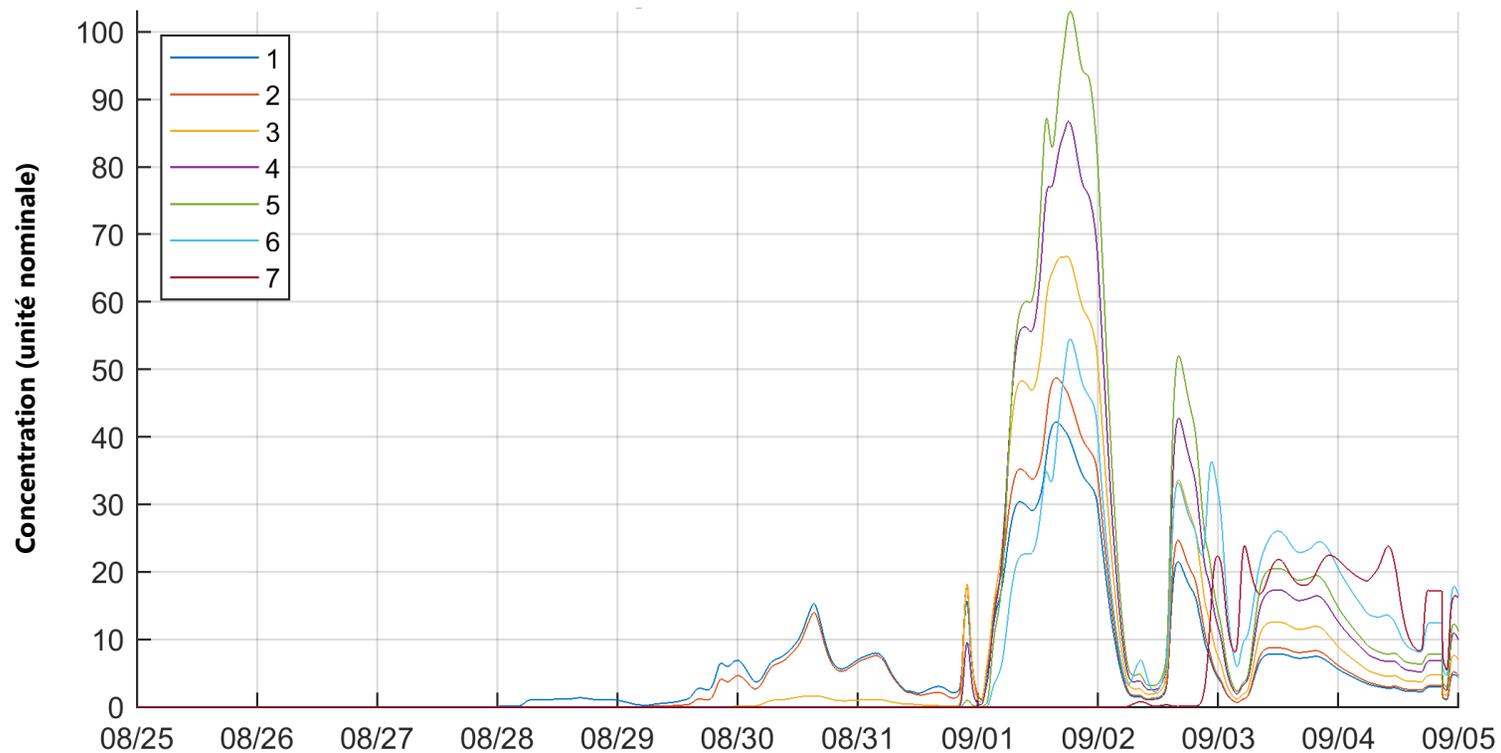


**ANNEXE C : SÉRIE CHRONOLOGIQUE DE CONCENTRATION BACTÉRIENNE MODÉLISÉE (UNITÉ NOMINALE) À LA PLAGE  
PARLEE POUR TOUTES LES SOURCES POSSIBLES DE SUBSTANCES POLLUANTES LIÉES AU DÉPASSEMENT 3 (2 SEPTEMBRE 2017)**

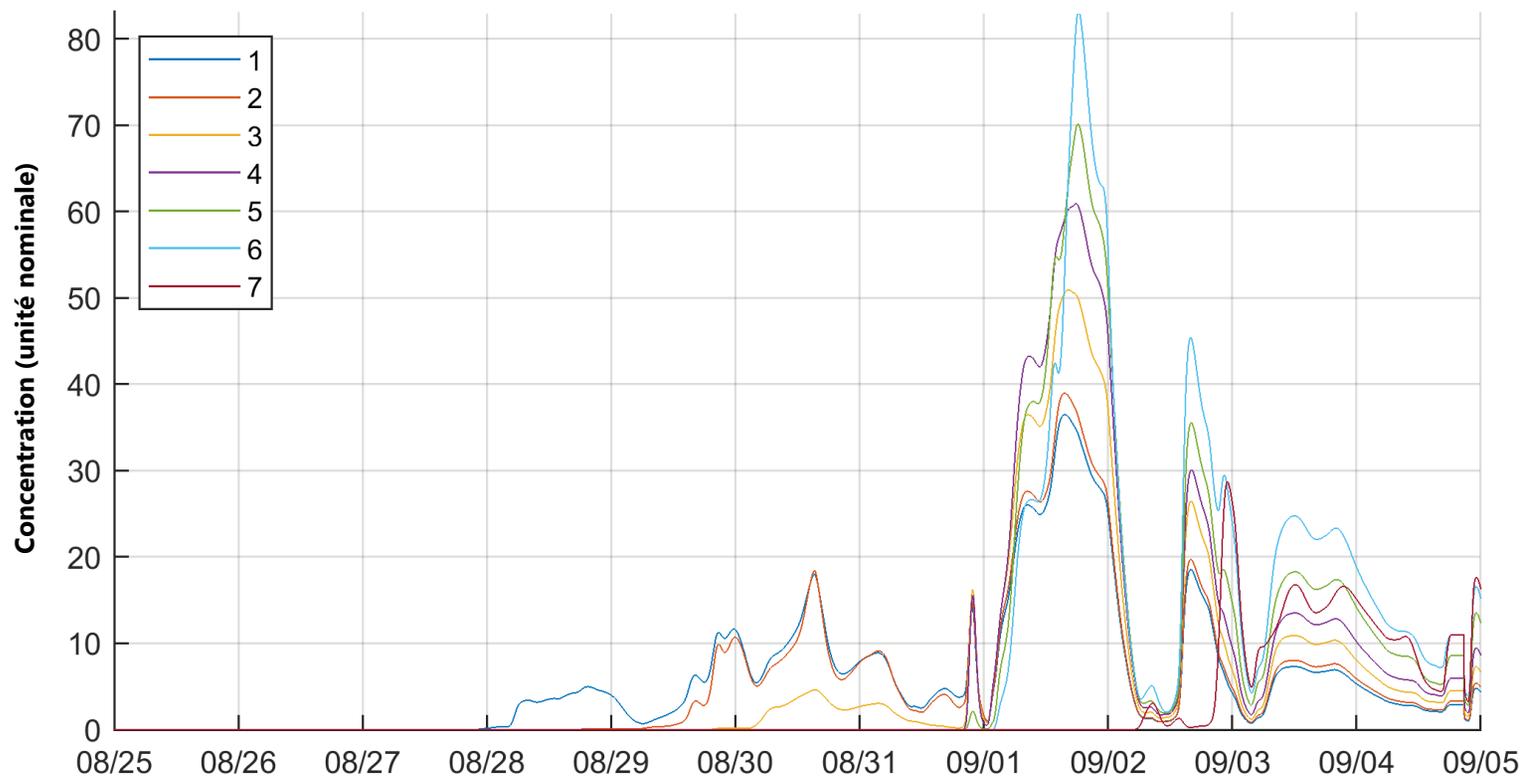
### Déversement A à la plage Parlee, événement 3



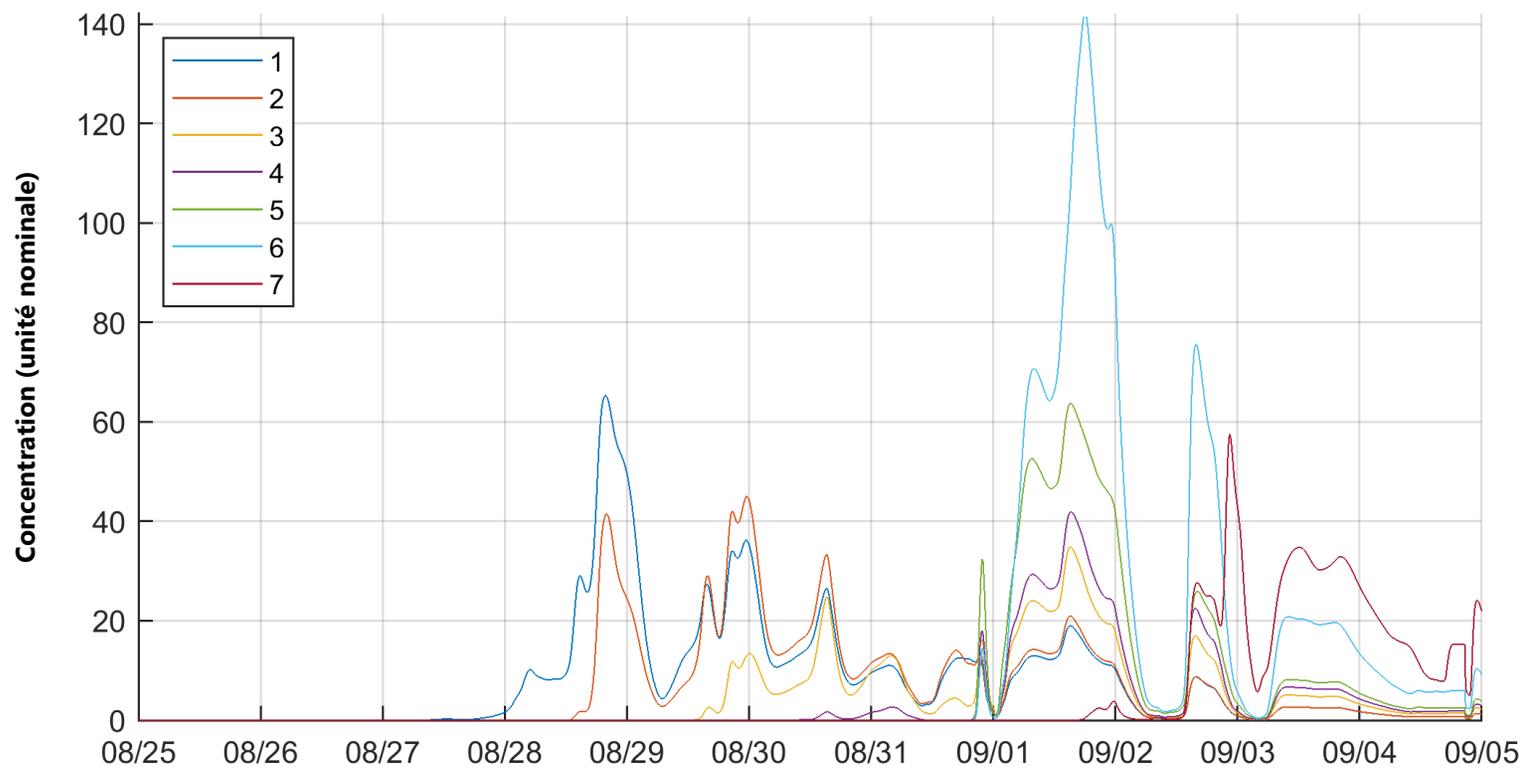
### Déversement B à la plage Parlee, événement 3



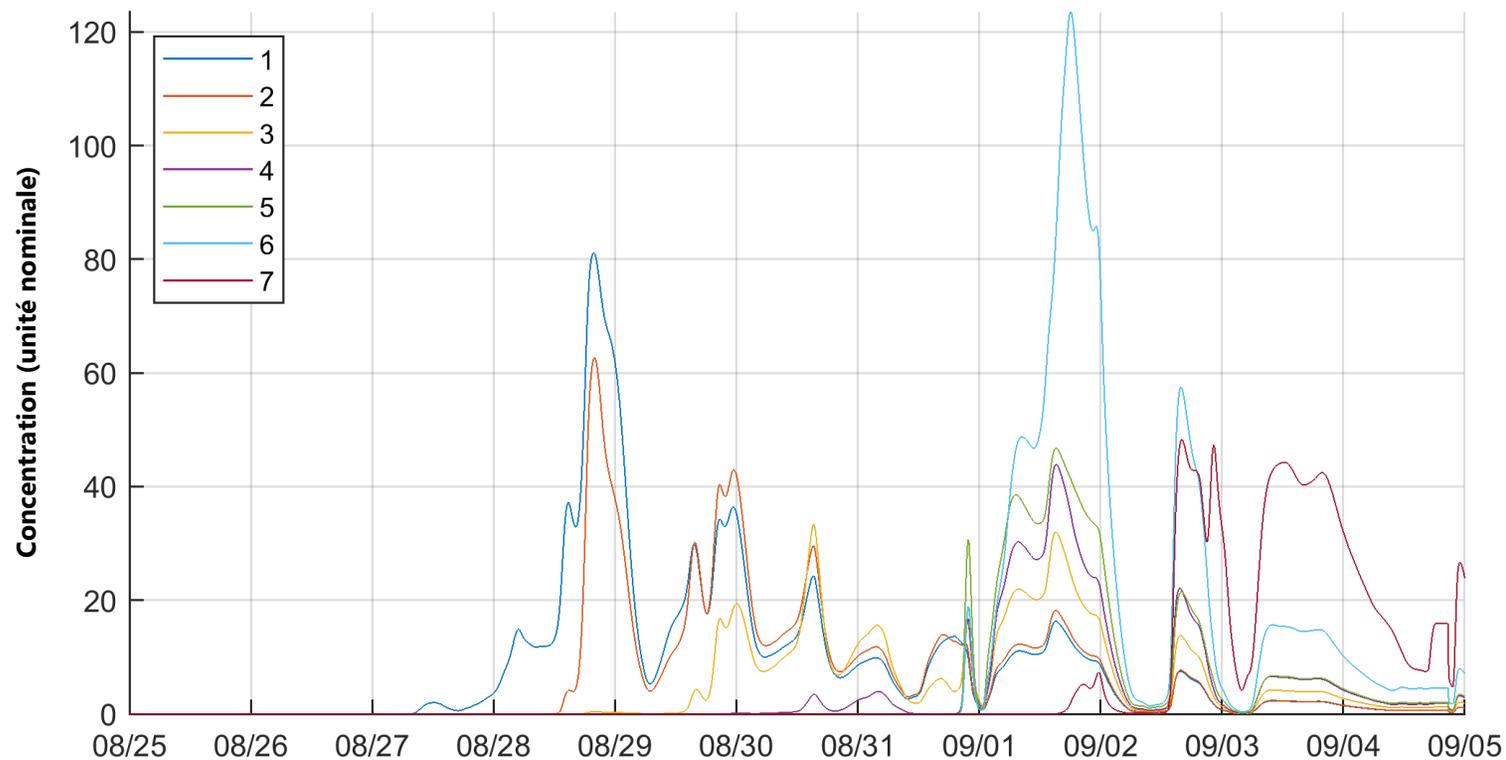
### Déversement C à la plage Parlee, événement 3



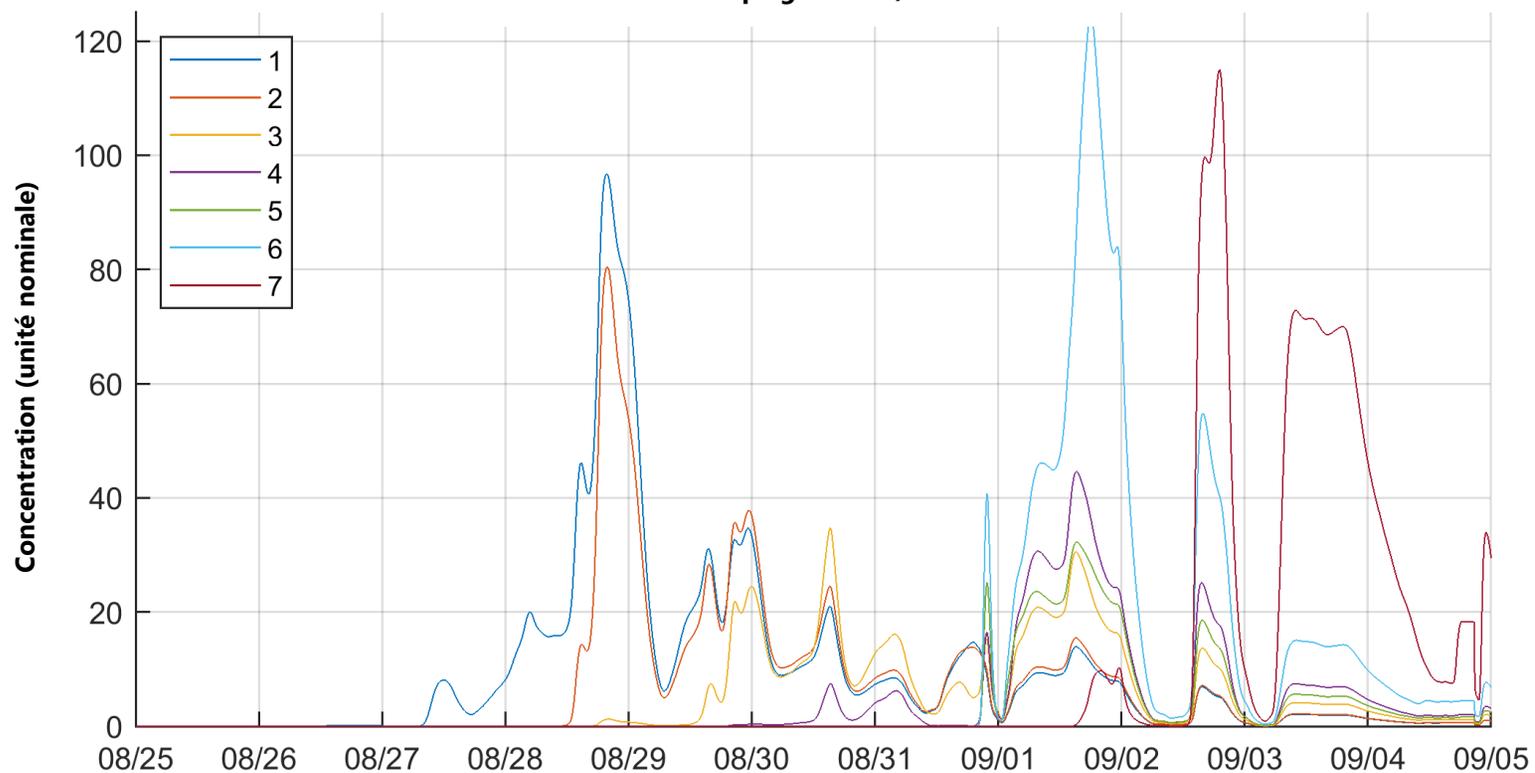
Déversement D à la plage Parlee, événement 3



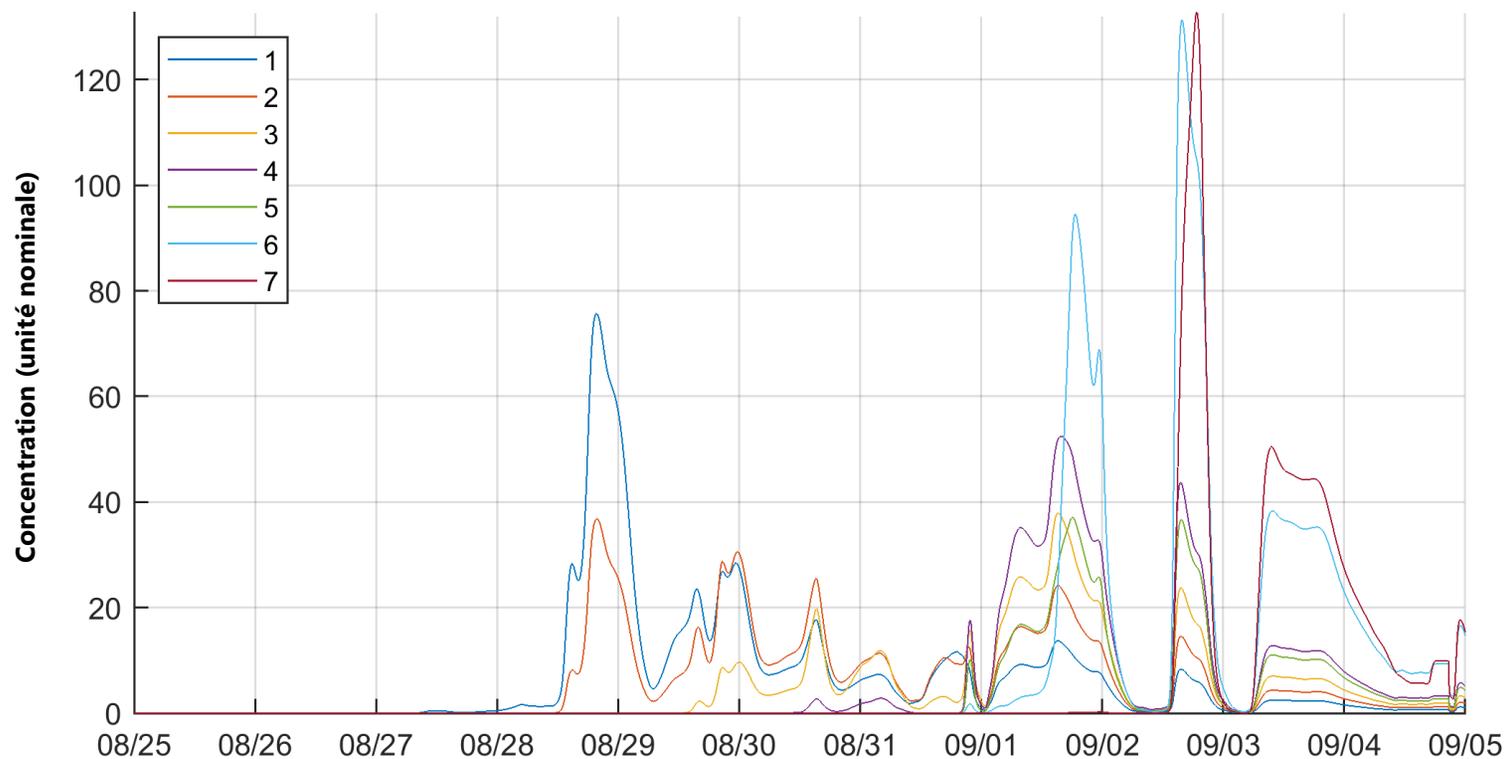
### Déversement E à la plage Parlee, événement 3



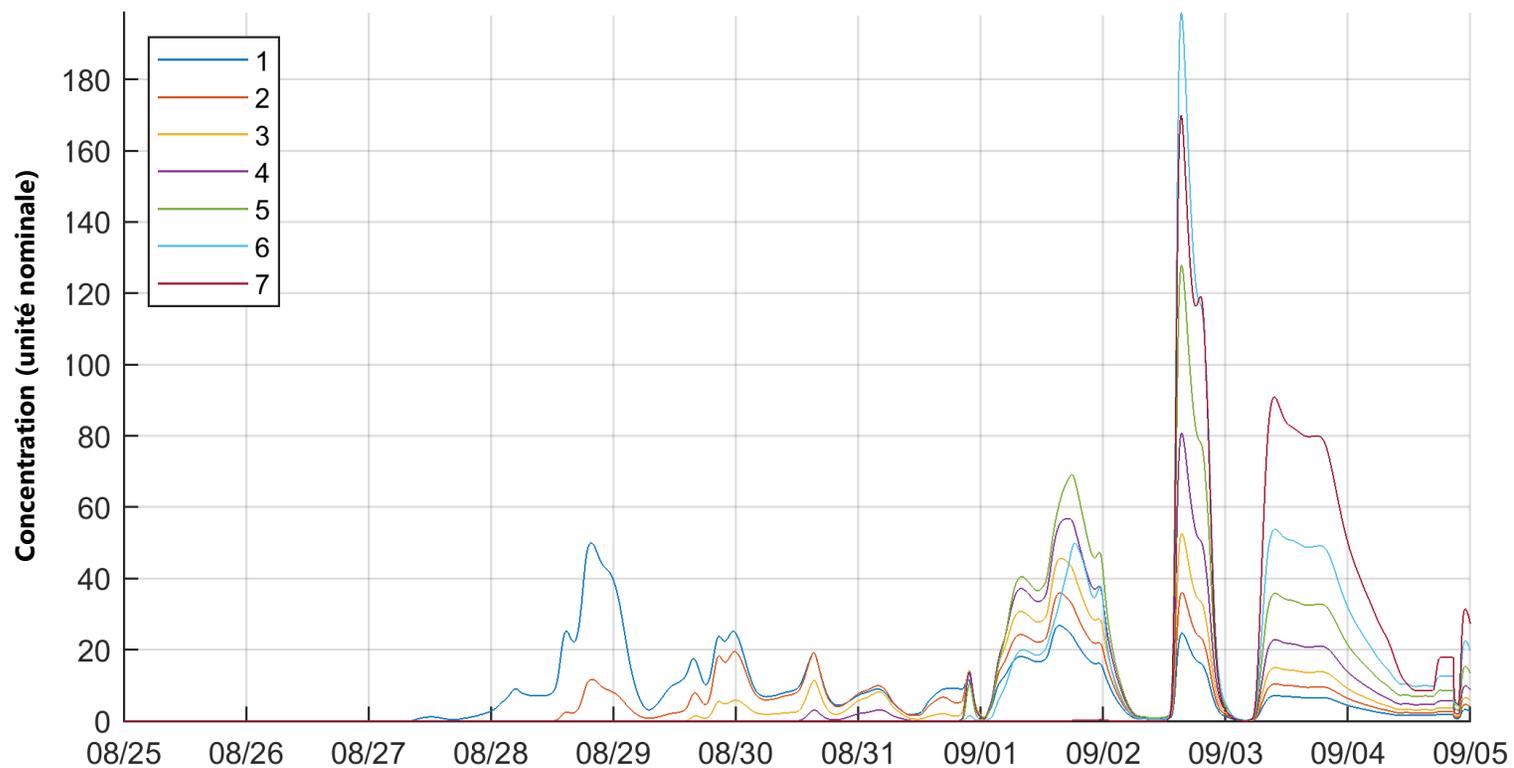
Déversement F à la plage Parlee, événement 3



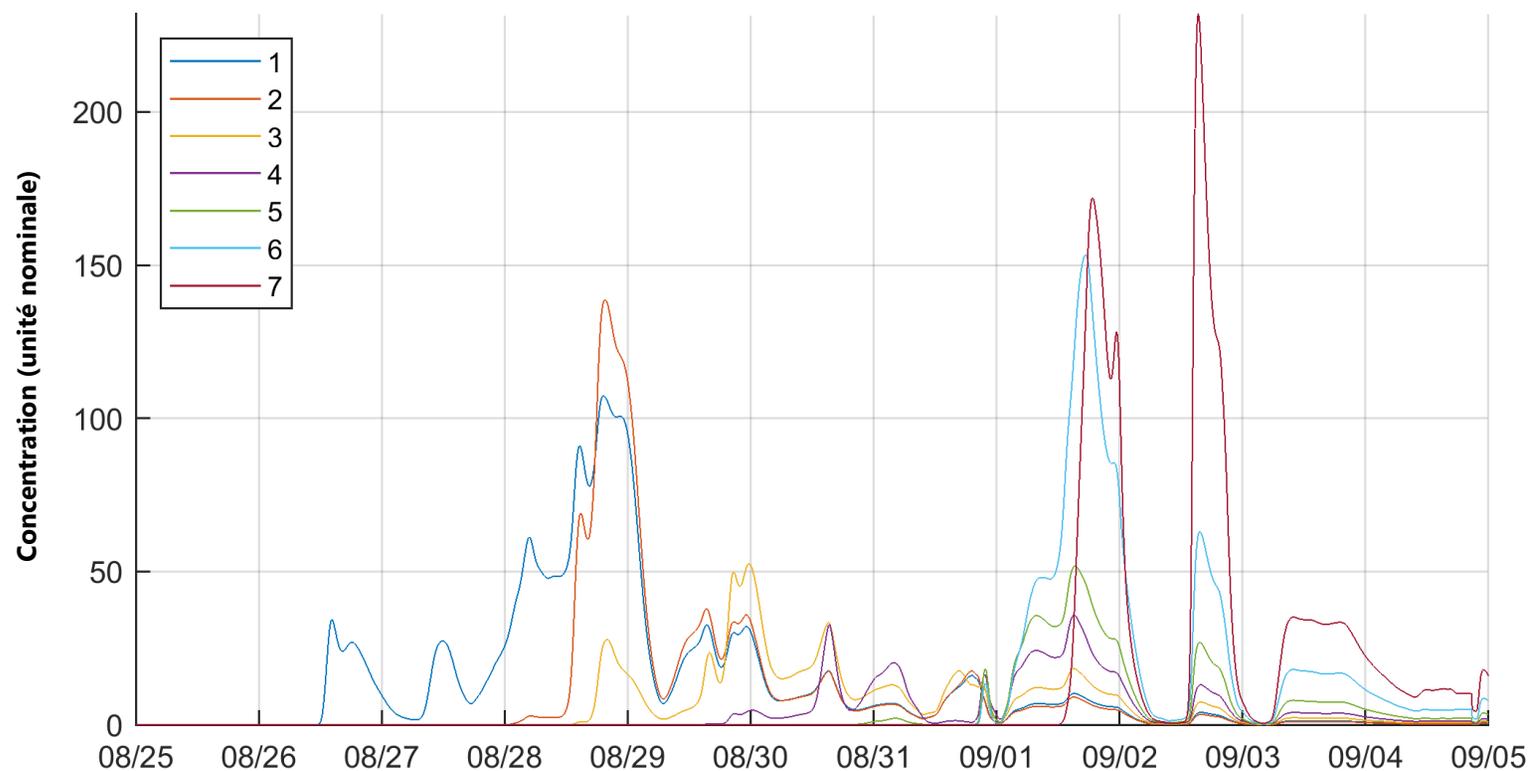
### Déversement G à la plage Parlee, événement 3



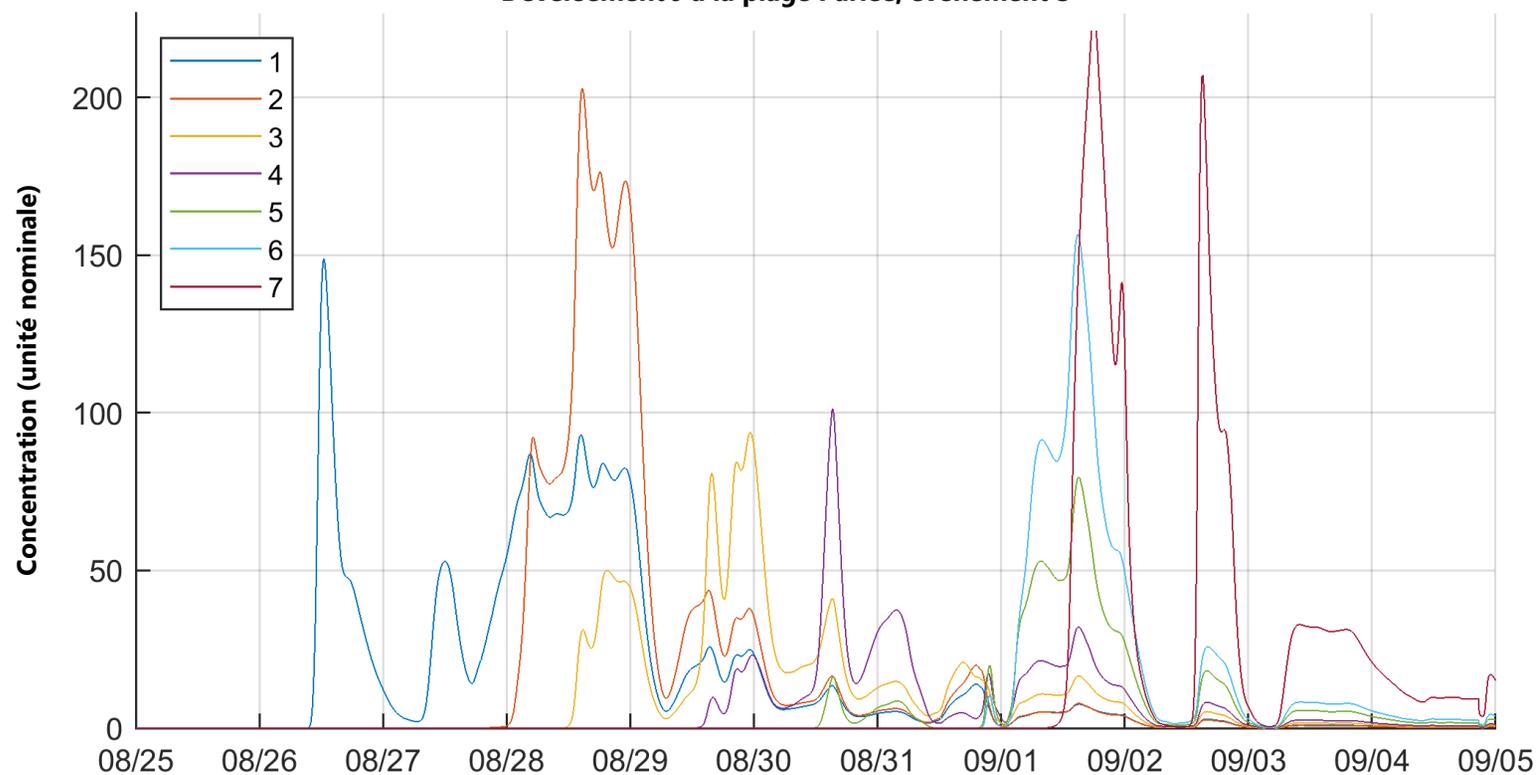
### Déversement H à la plage Parlee, événement 3



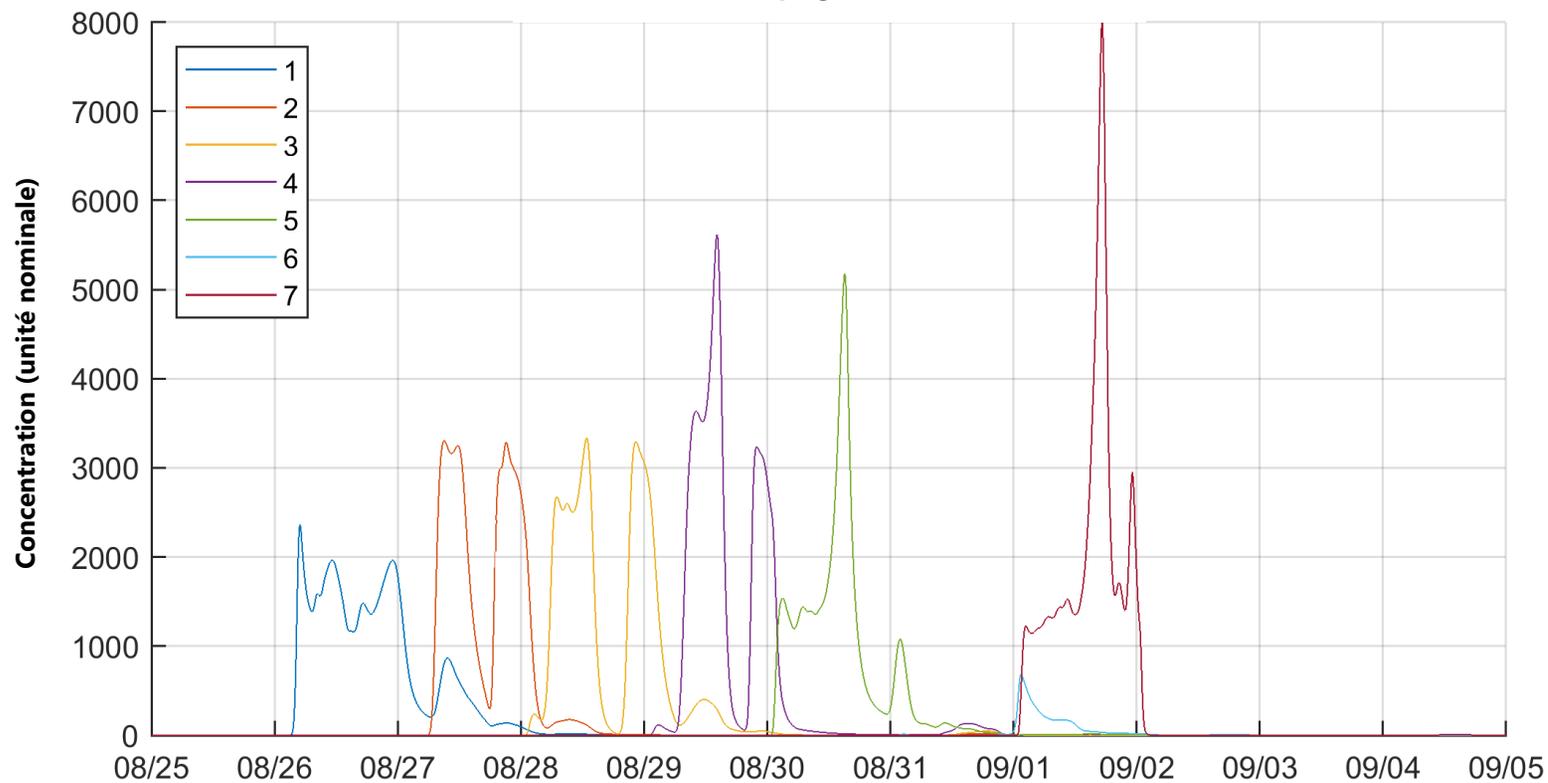
### Déversement I à la plage Parlee, événement 3



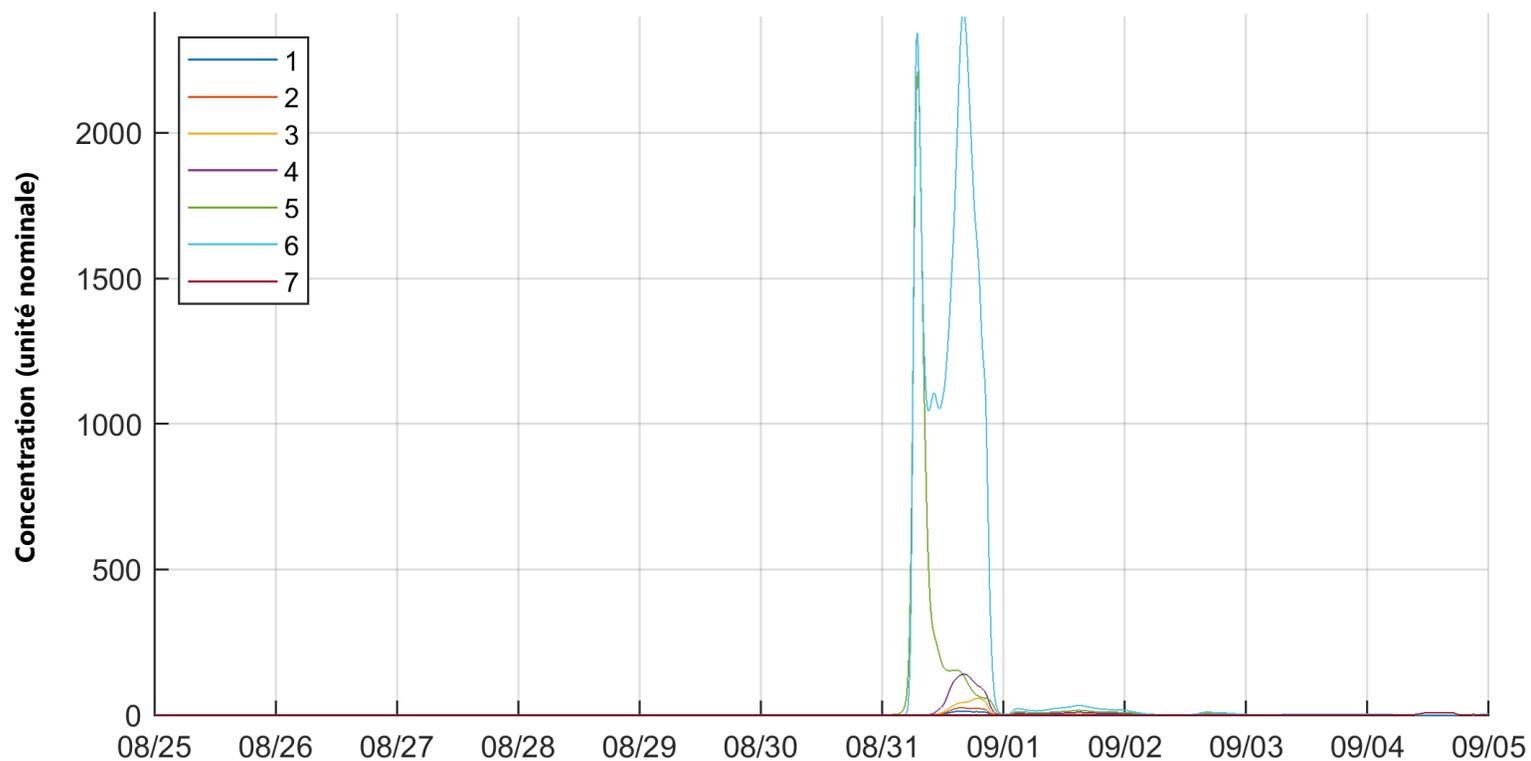
Déversement J à la plage Parlee, événement 3



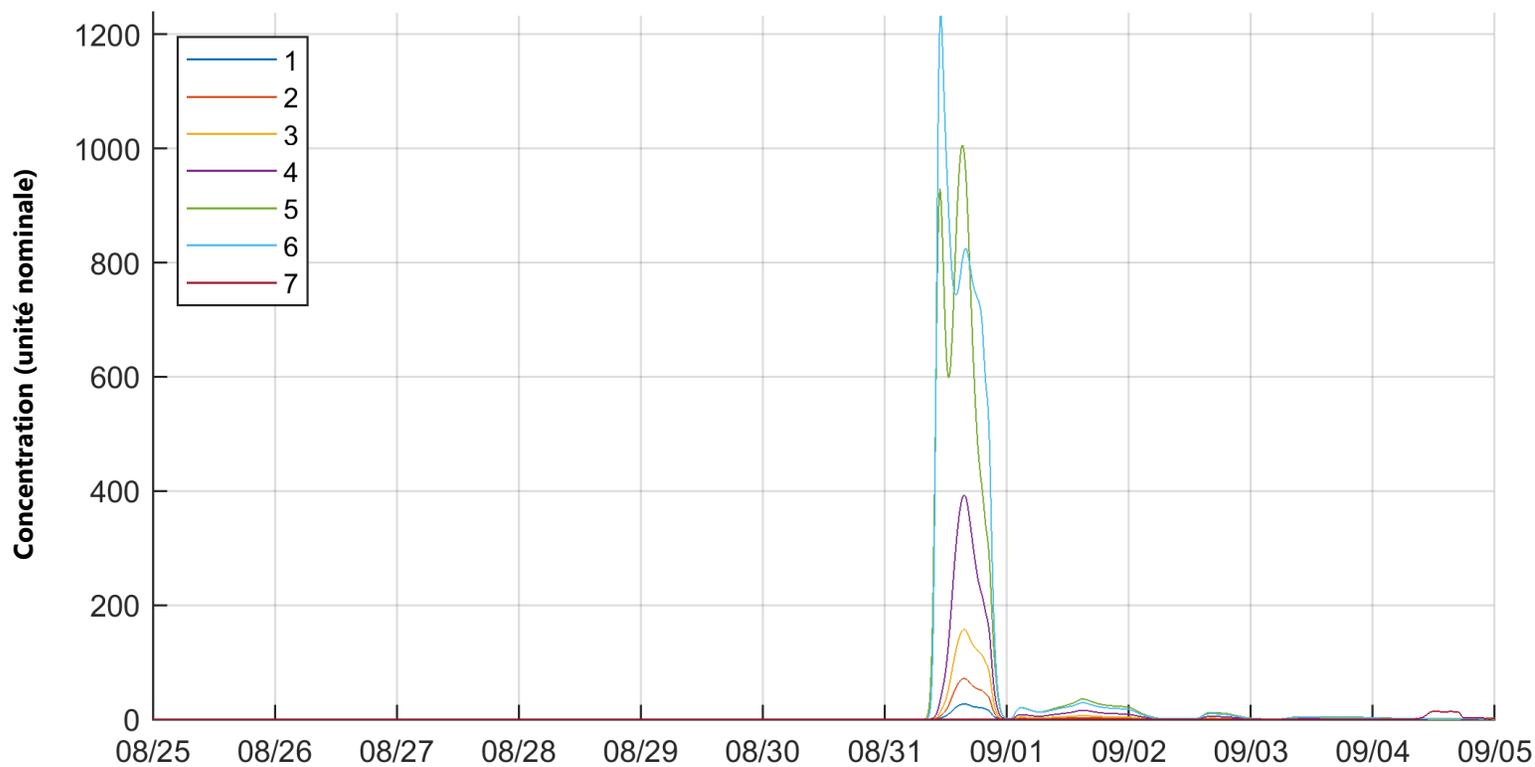
Déversement K à la plage Parlee, événement 3



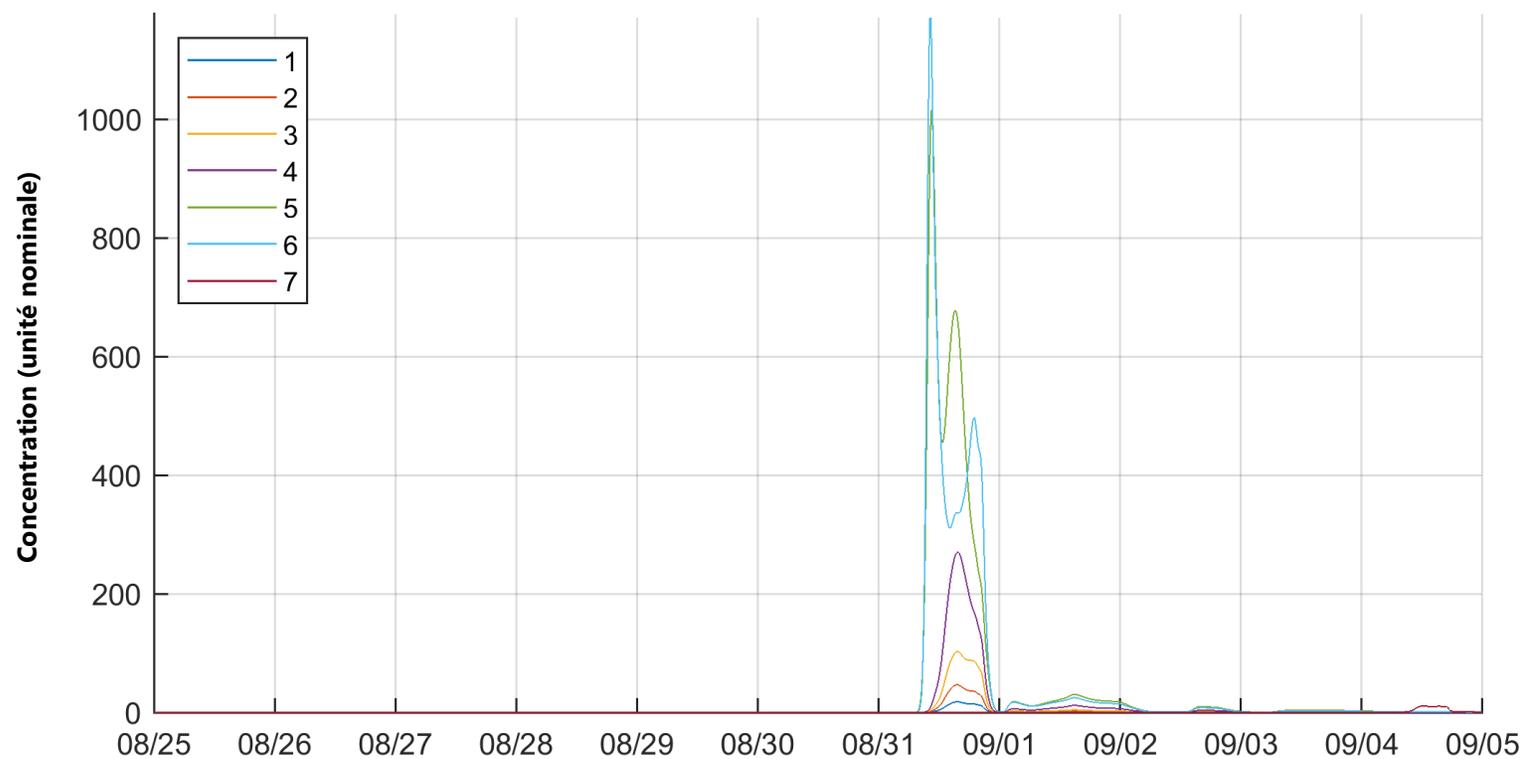
### Déversement L à la plage Parlee, événement 3



### Déversement M à la plage Parlee, événement 3

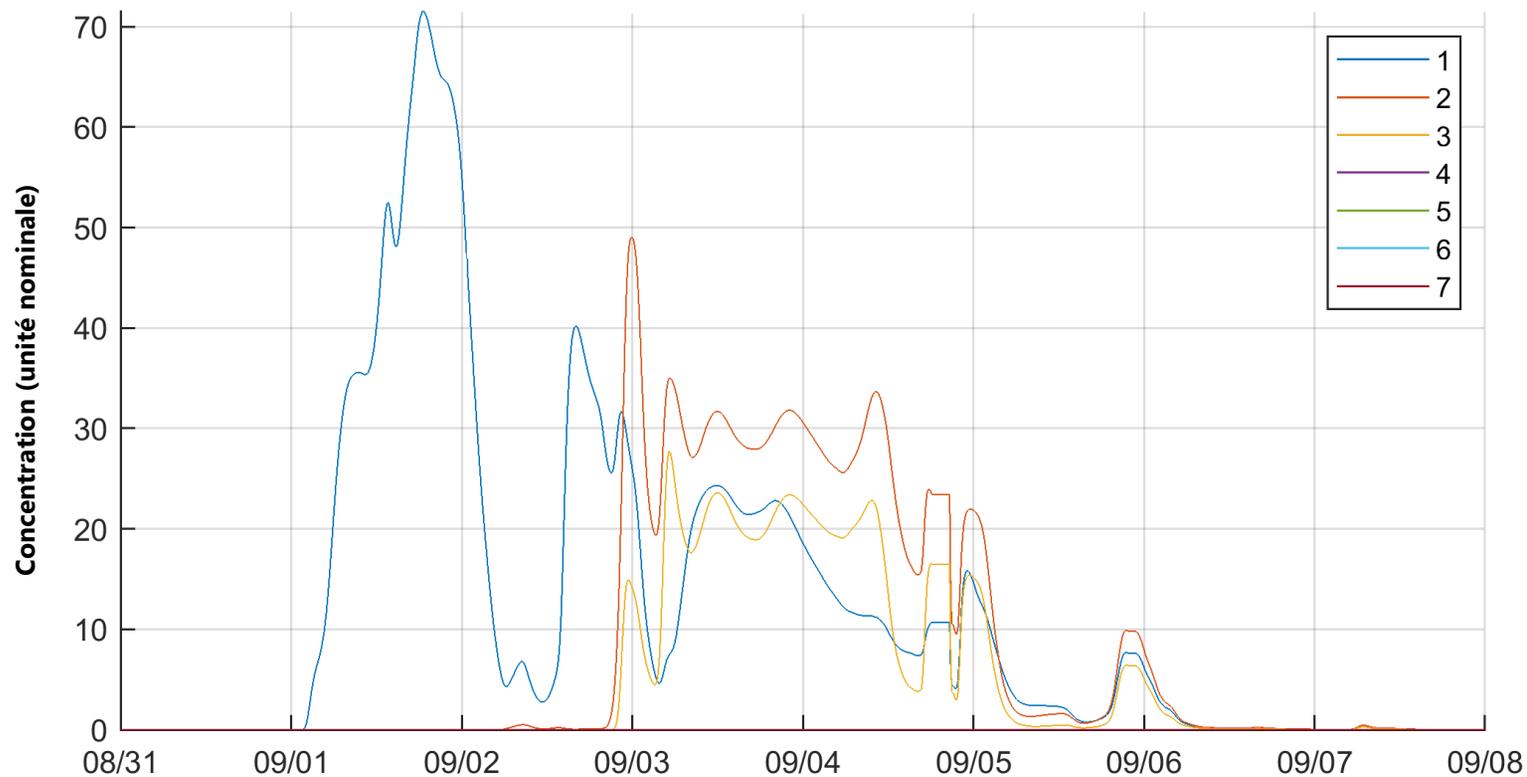


### Déversement N à la plage Parlee, événement 3

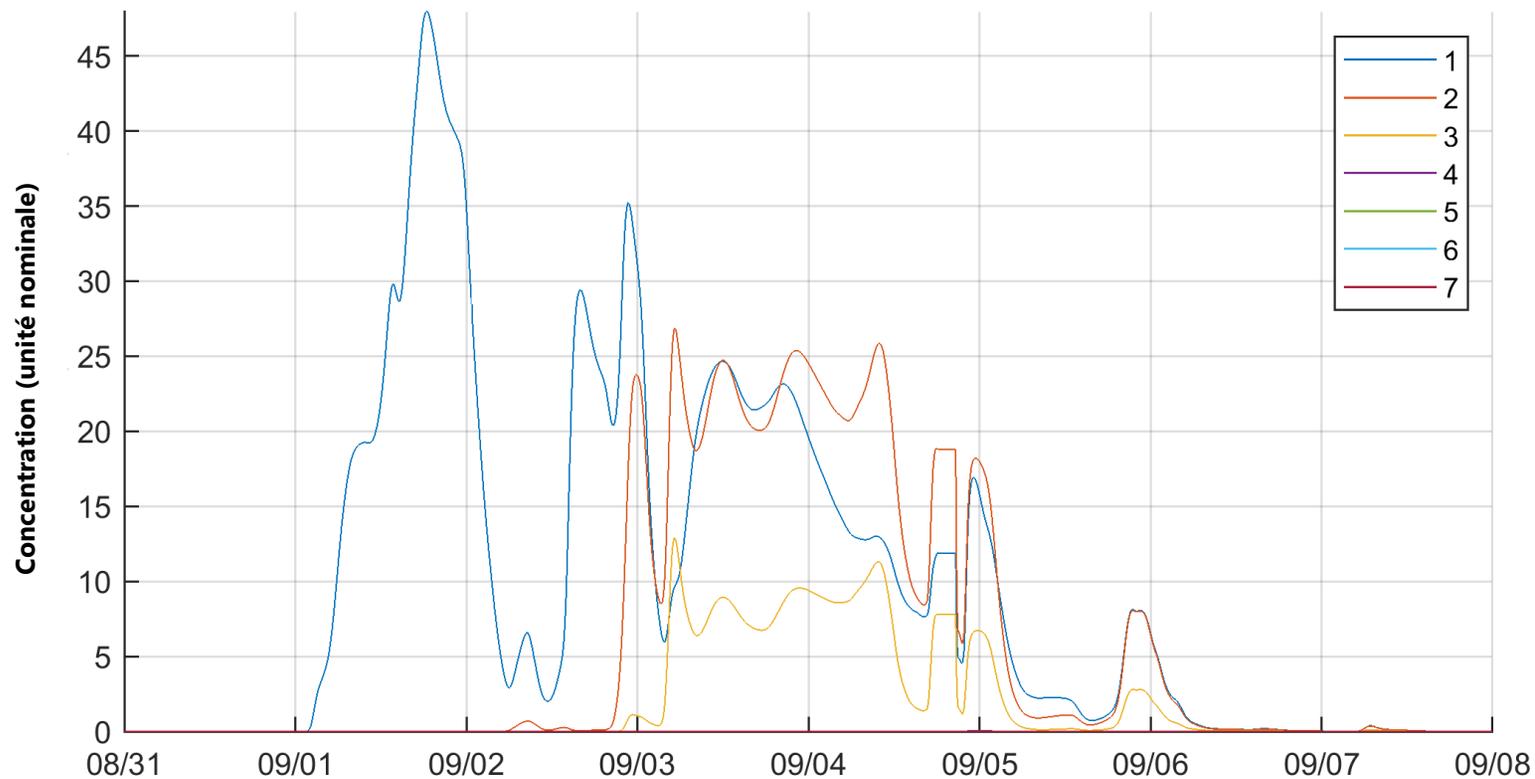


**ANNEXE D : SÉRIE CHRONOLOGIQUE DE CONCENTRATION BACTÉRIENNE MODÉLISÉE (UNITÉ NOMINALE) À LA PLAGE  
PARLEE POUR TOUTES LES SOURCES POSSIBLES DE SUBSTANCES POLLUANTES LIÉES AU NON-DÉPASSEMENT (ÉVÉNEMENT 4)  
(7 SEPTEMBRE 2017)**

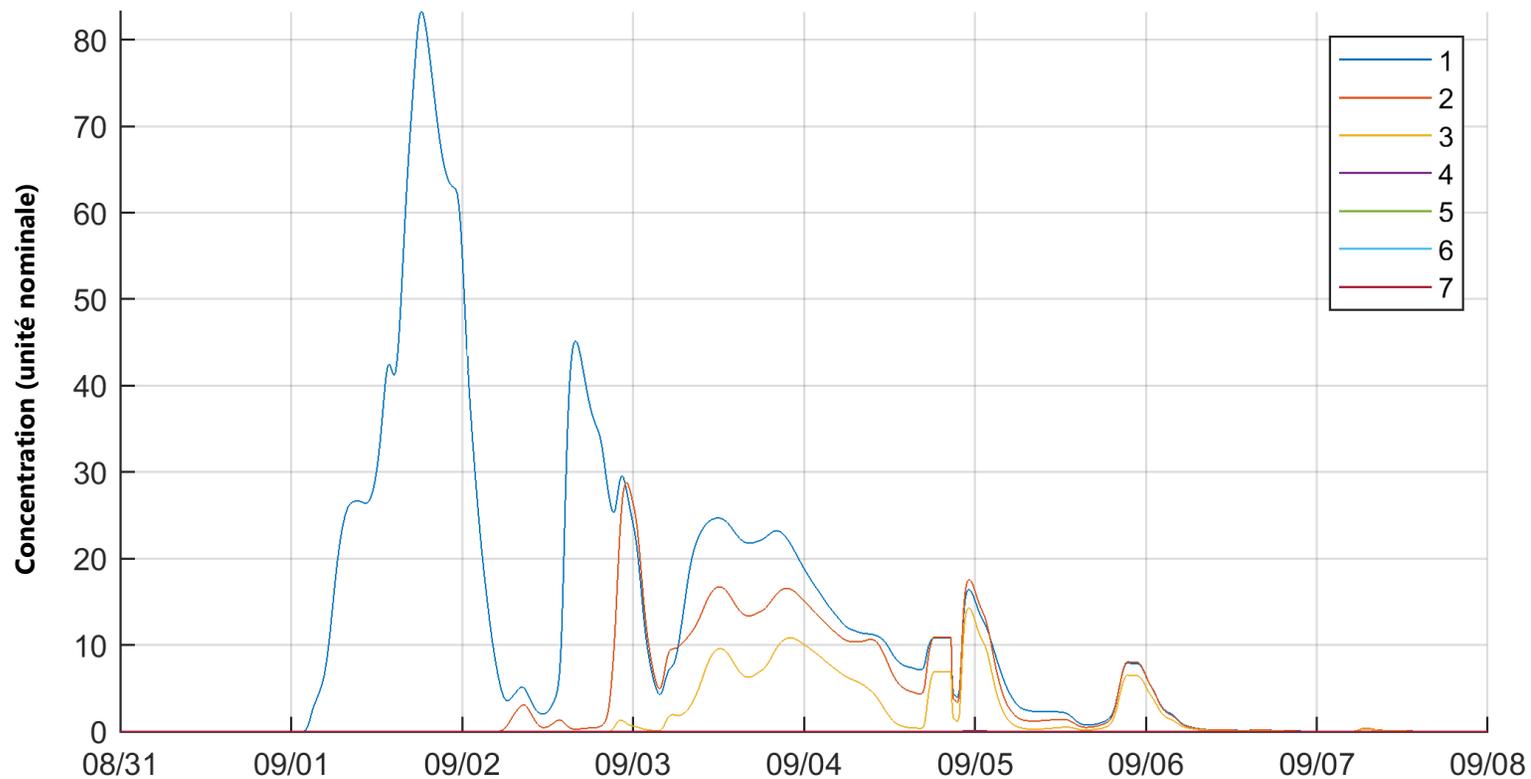
Déversement A à la plage Parlee, événement 4



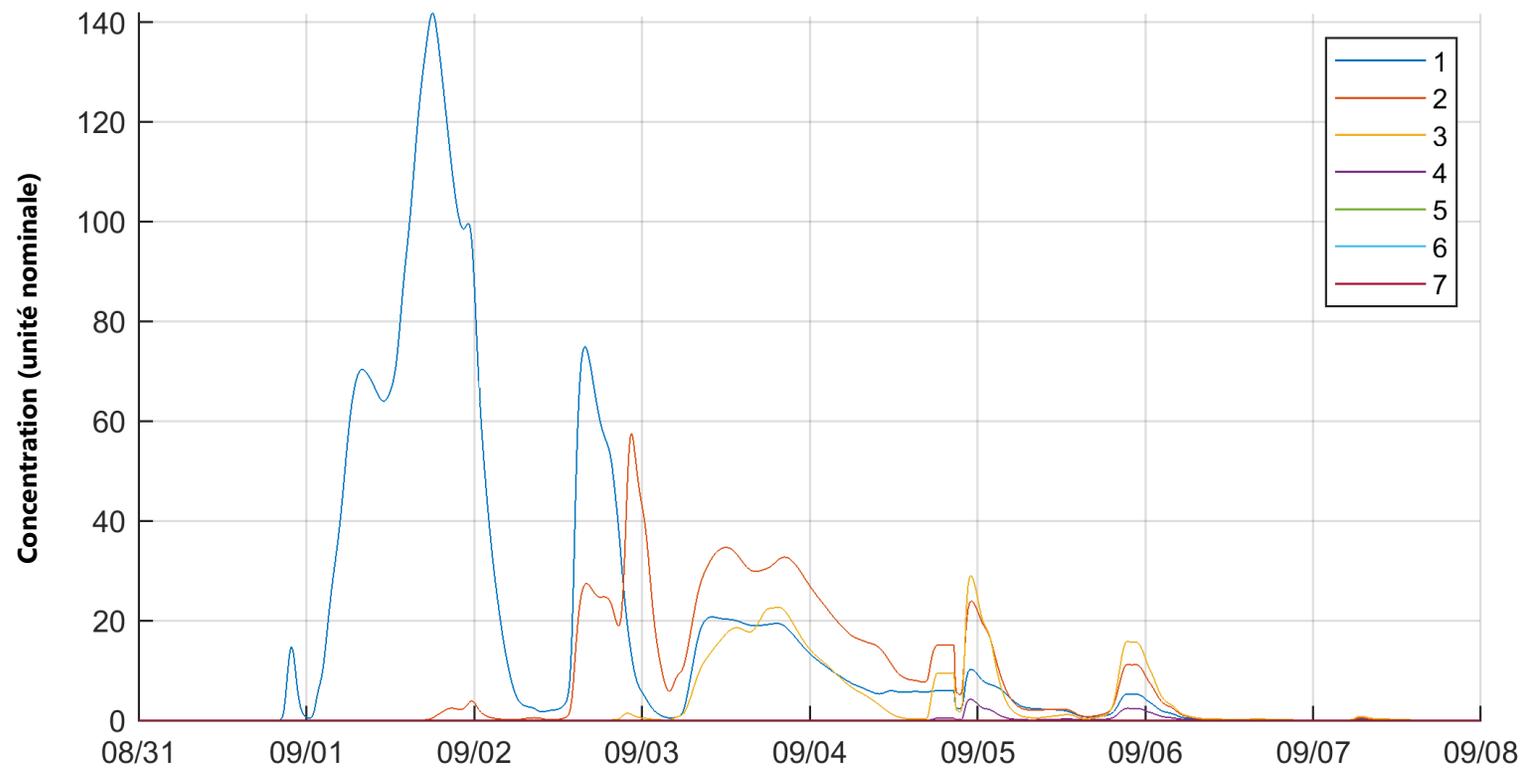
Déversement B à la plage Parlee, événement 4



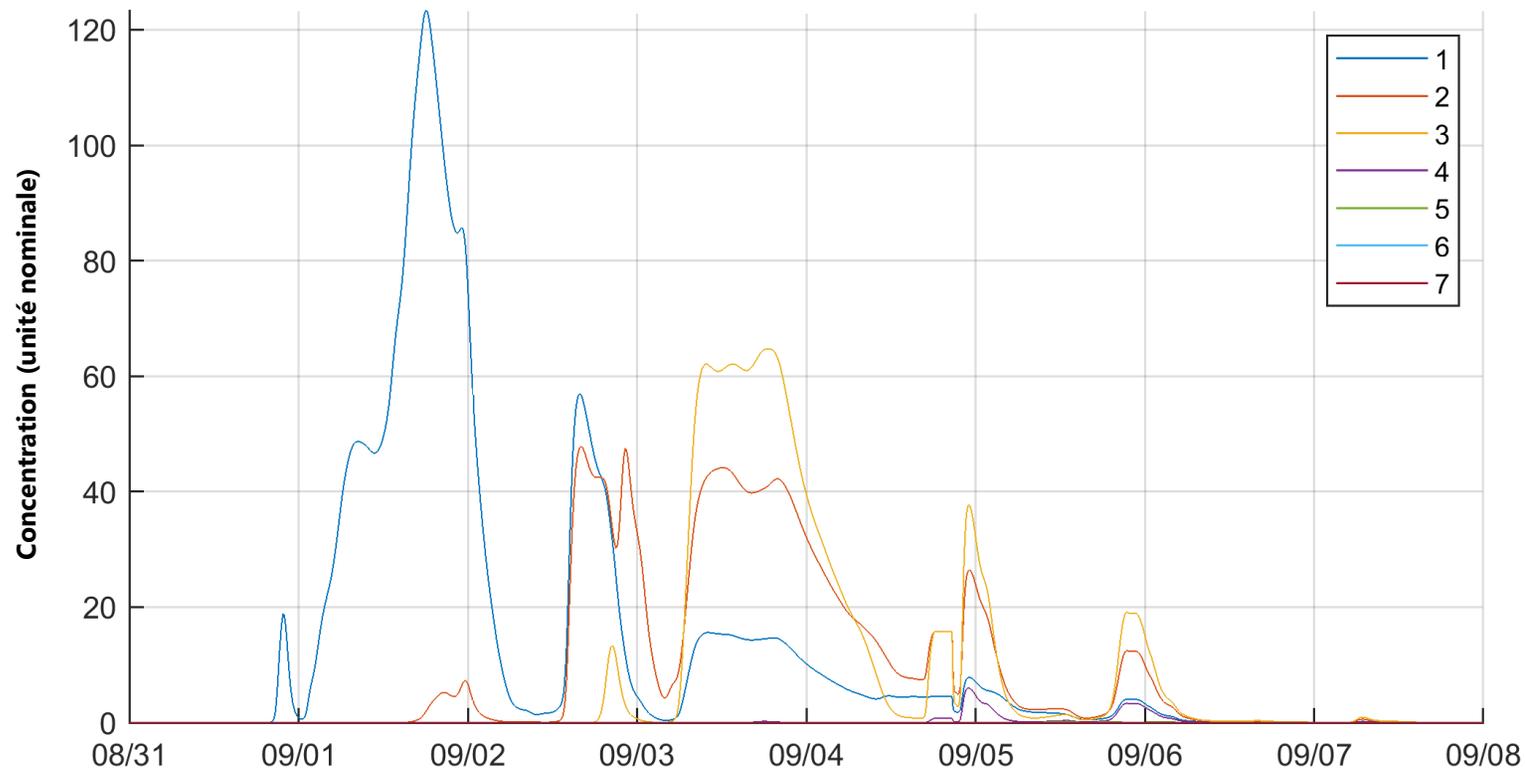
Déversement C à la plage Parlee, événement 4

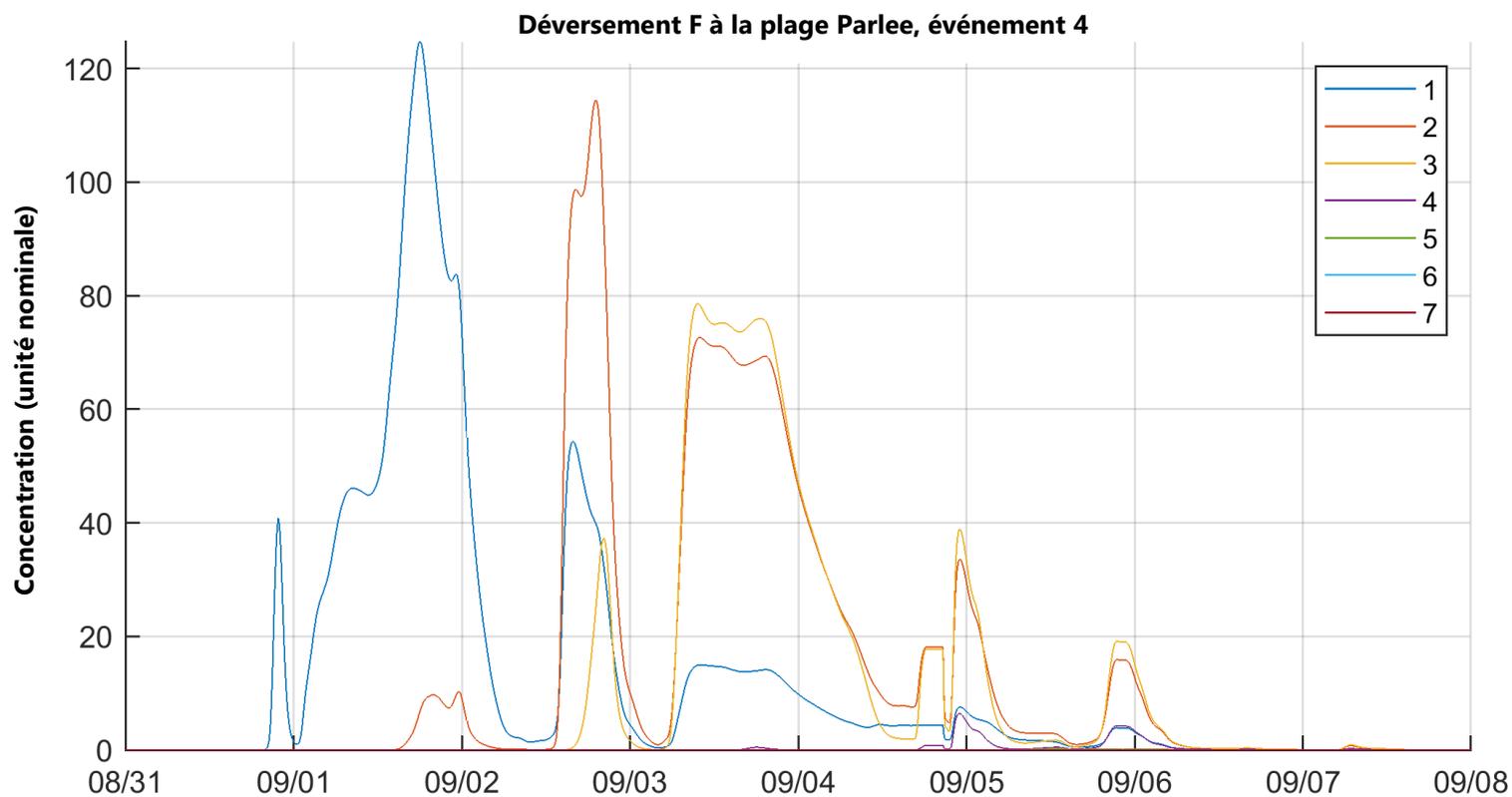


Déversement D à la plage Parlee, événement 4

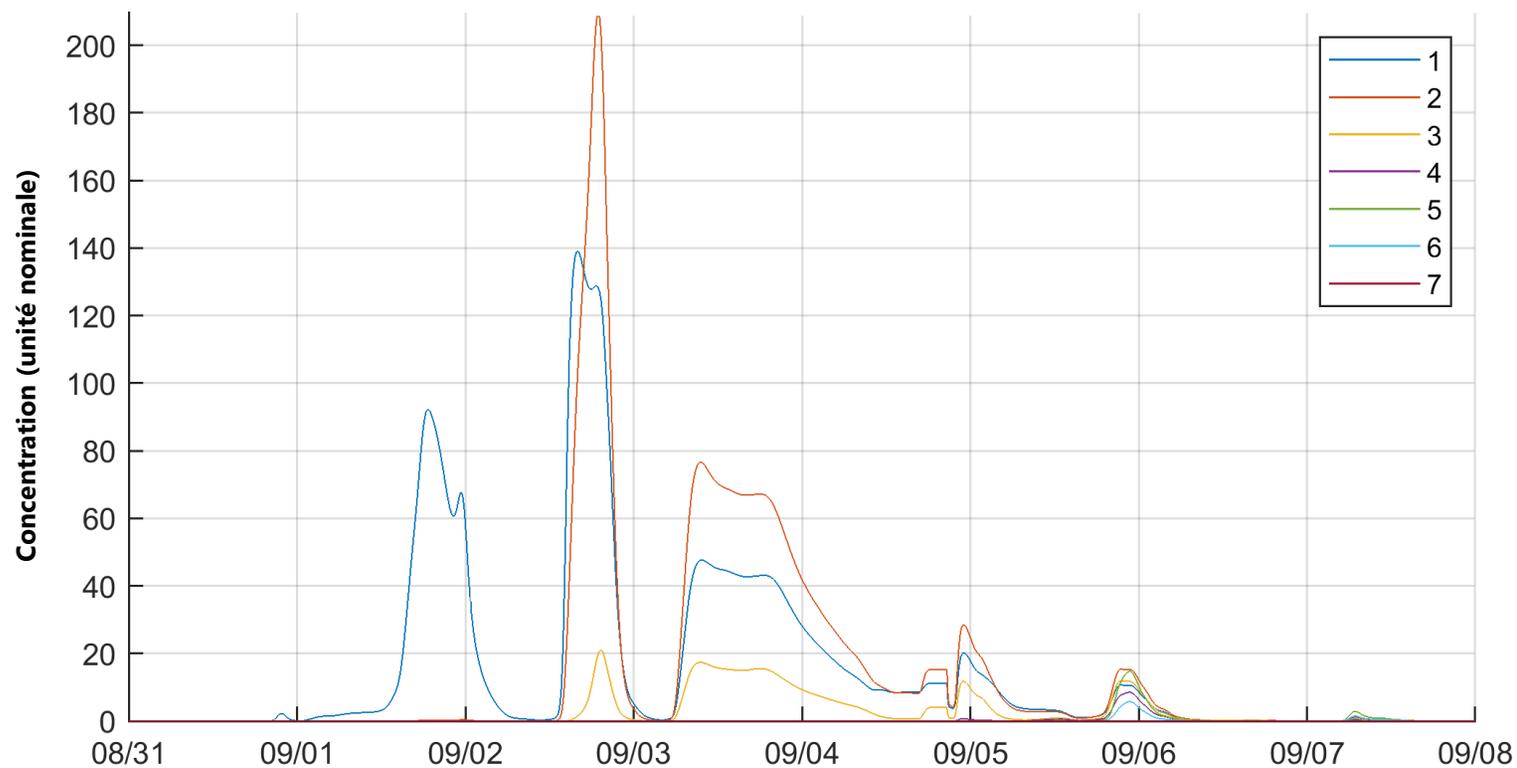


Déversement E à la plage Parlee, événement 4

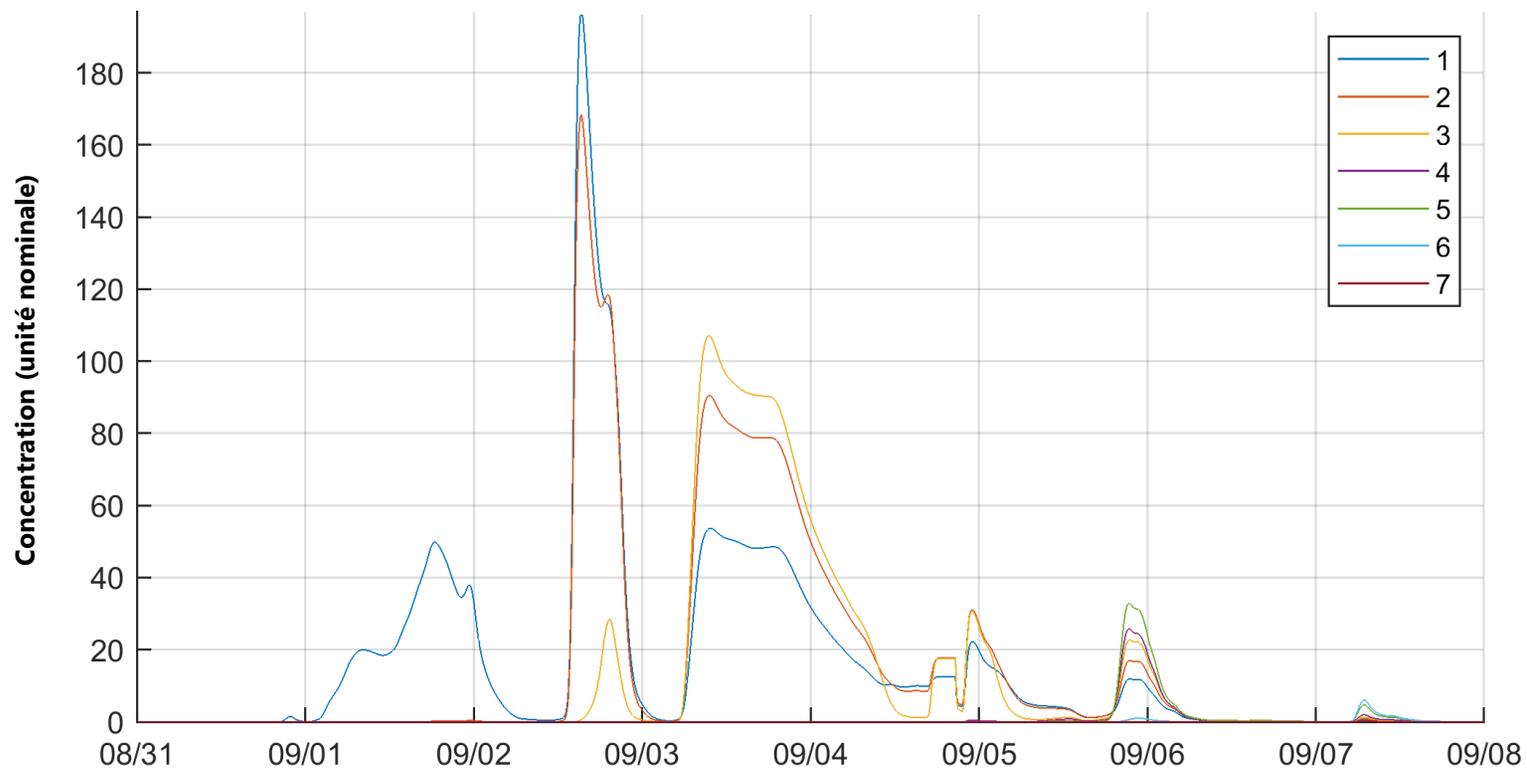




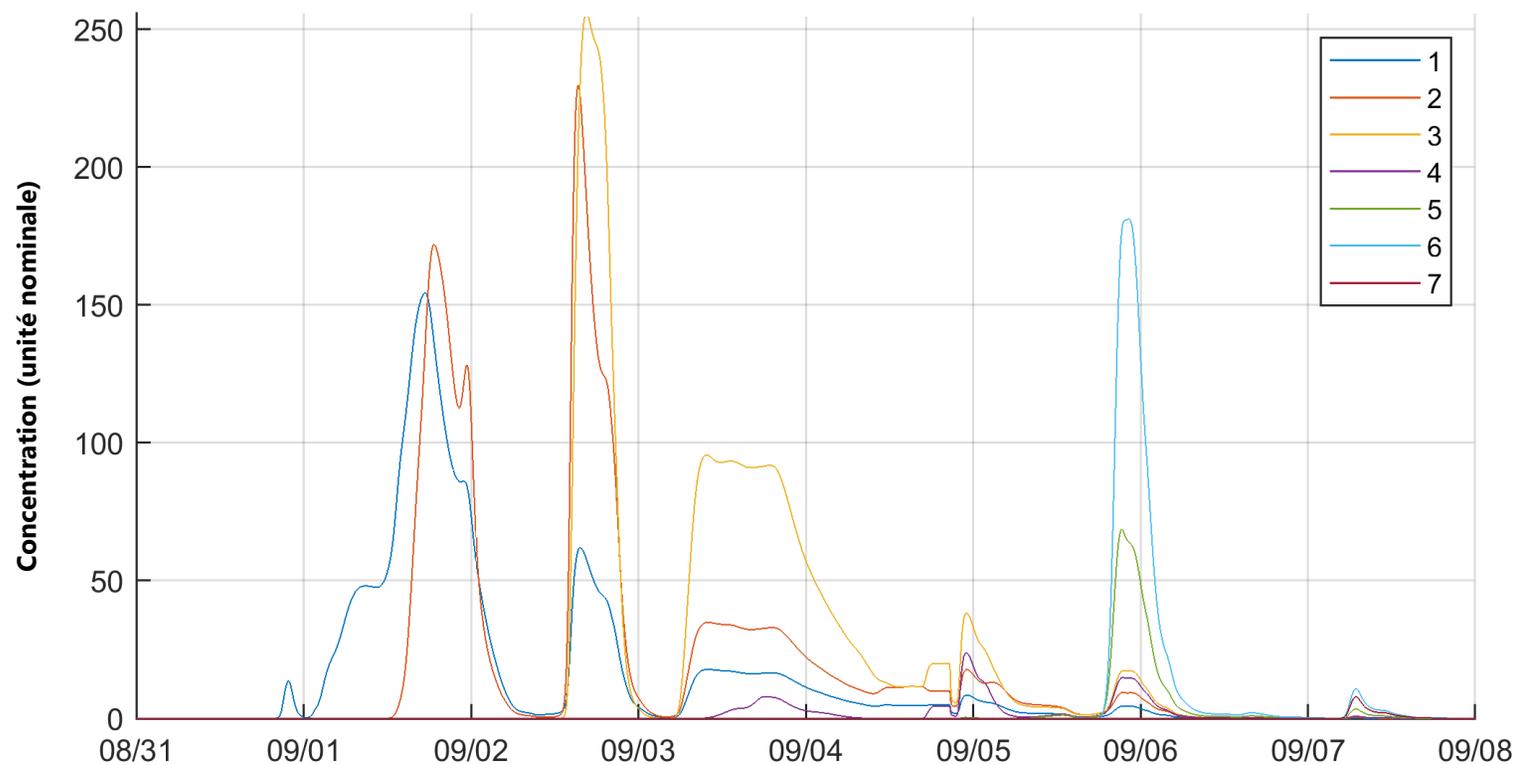
### Déversement G à la plage Parlee, événement 4



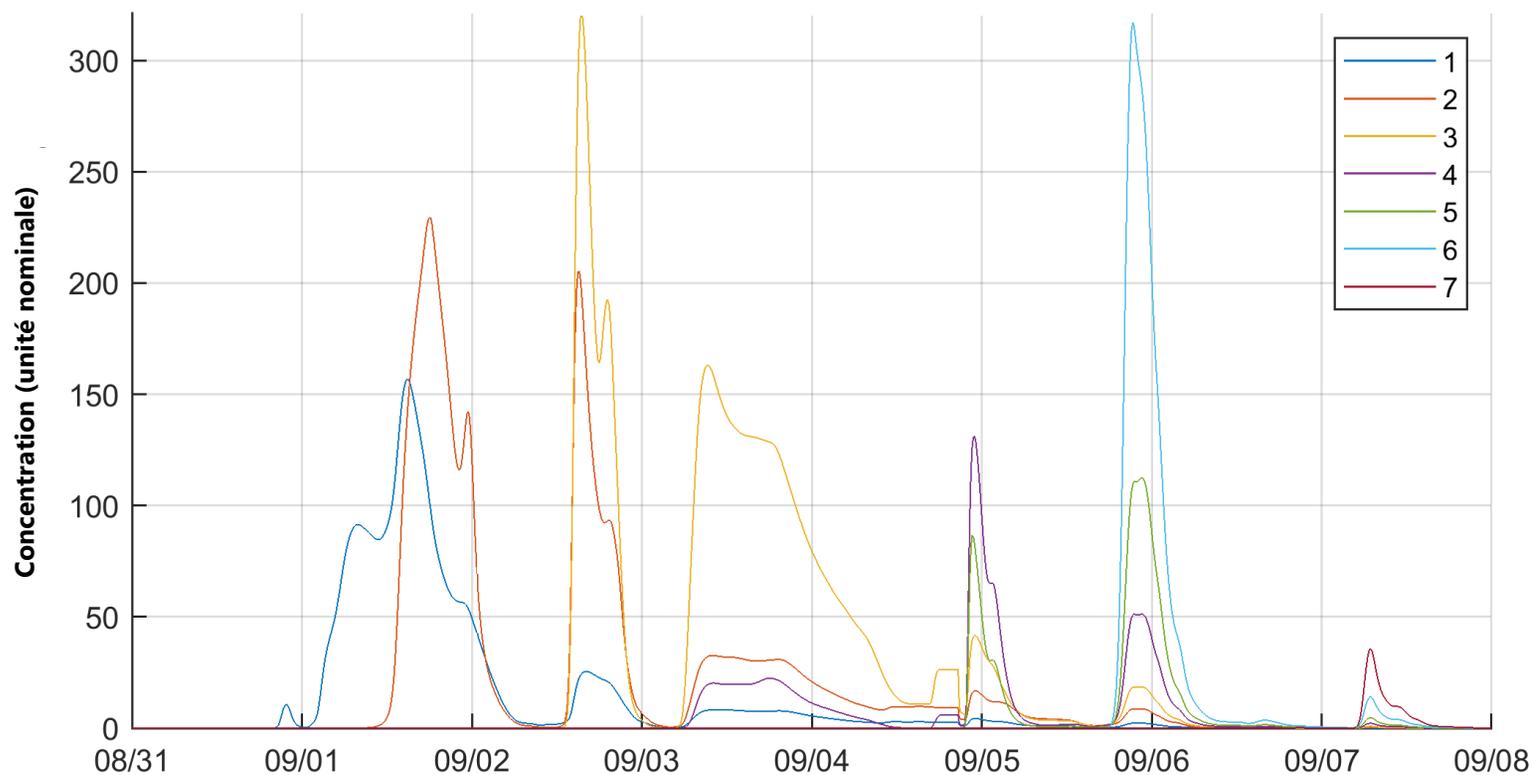
### Déversement H à la plage Parlee, événement 4



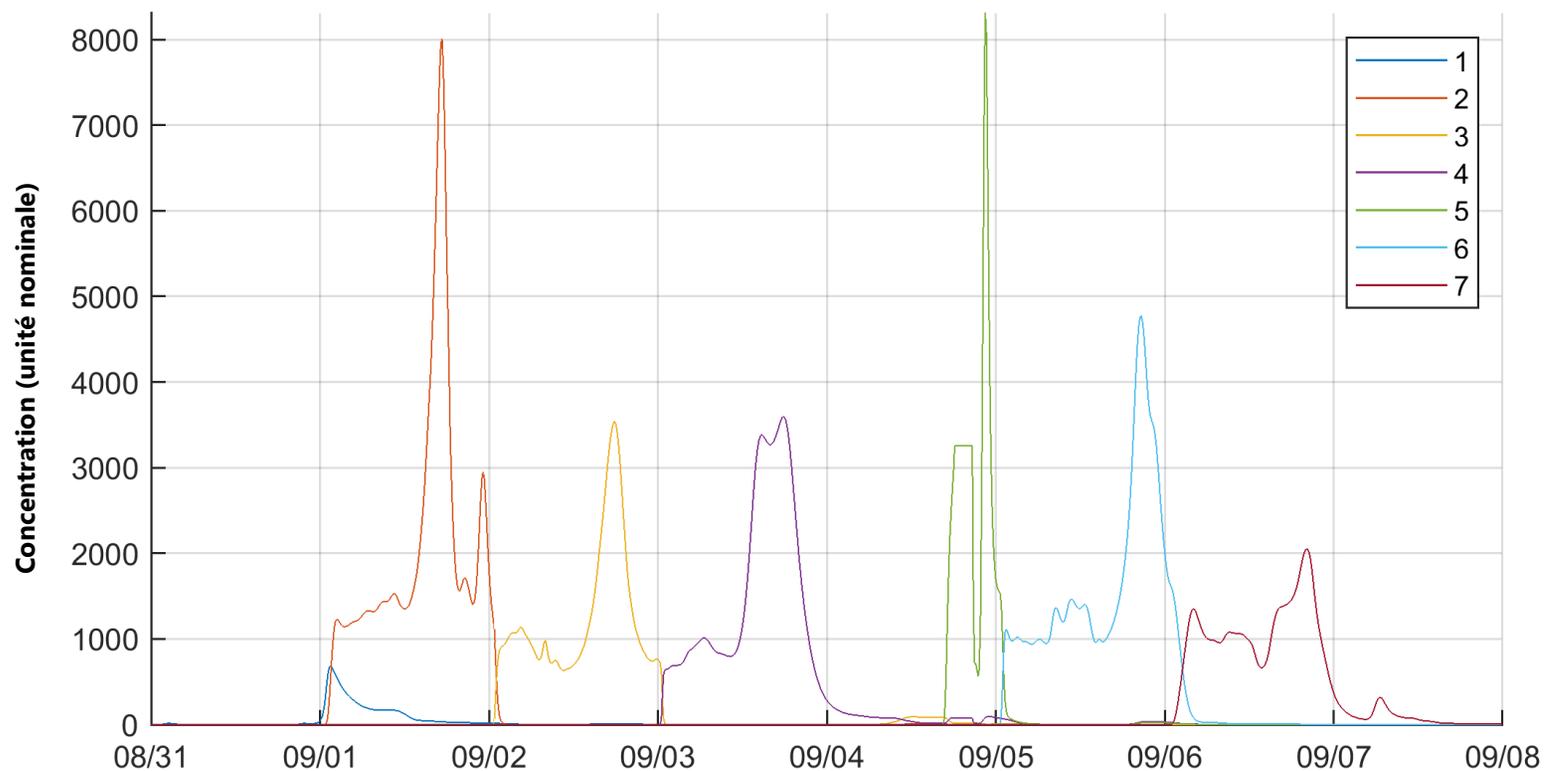
### Déversement I à la plage Parlee, événement 4



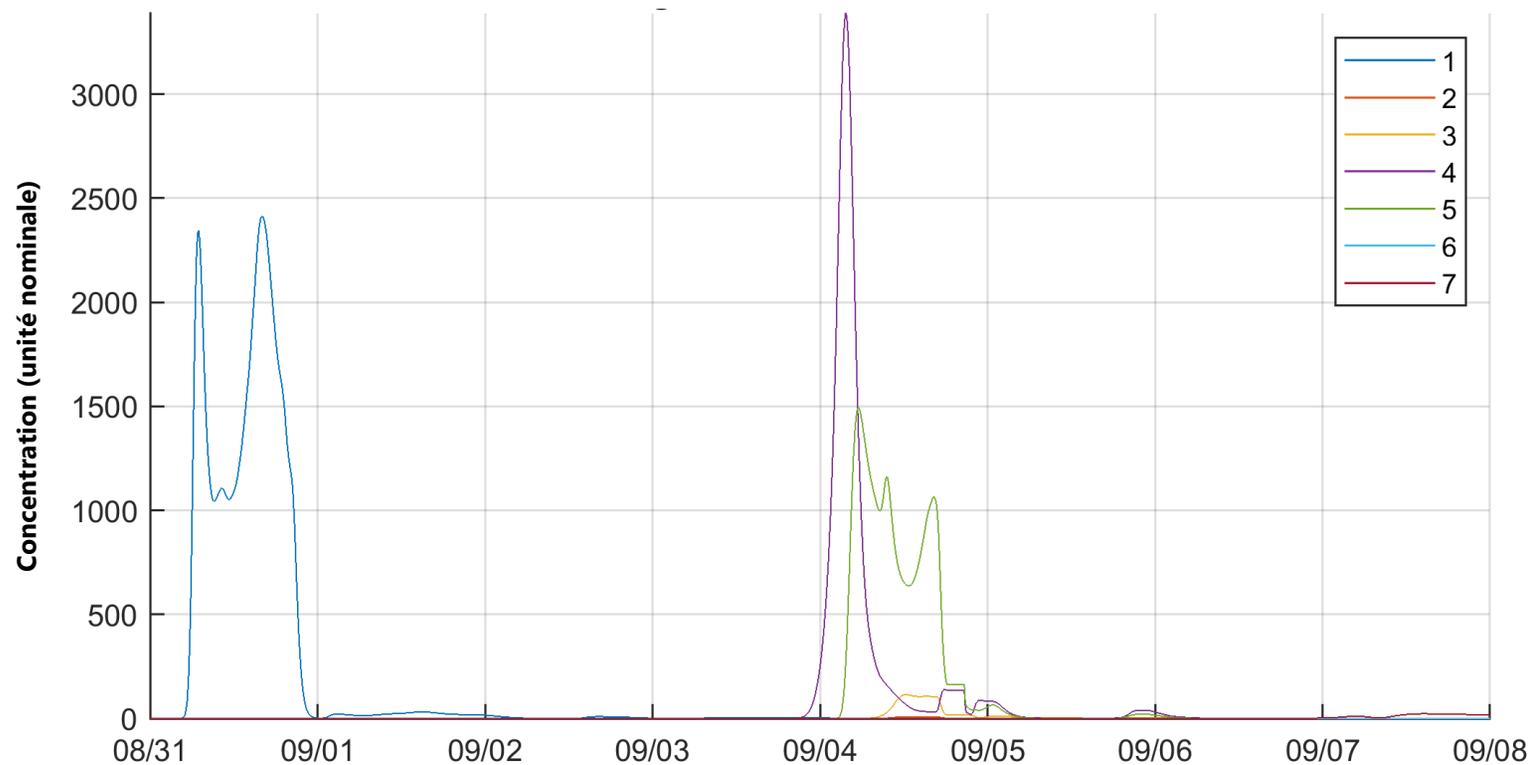
Déversement J à la plage Parlee, événement 4



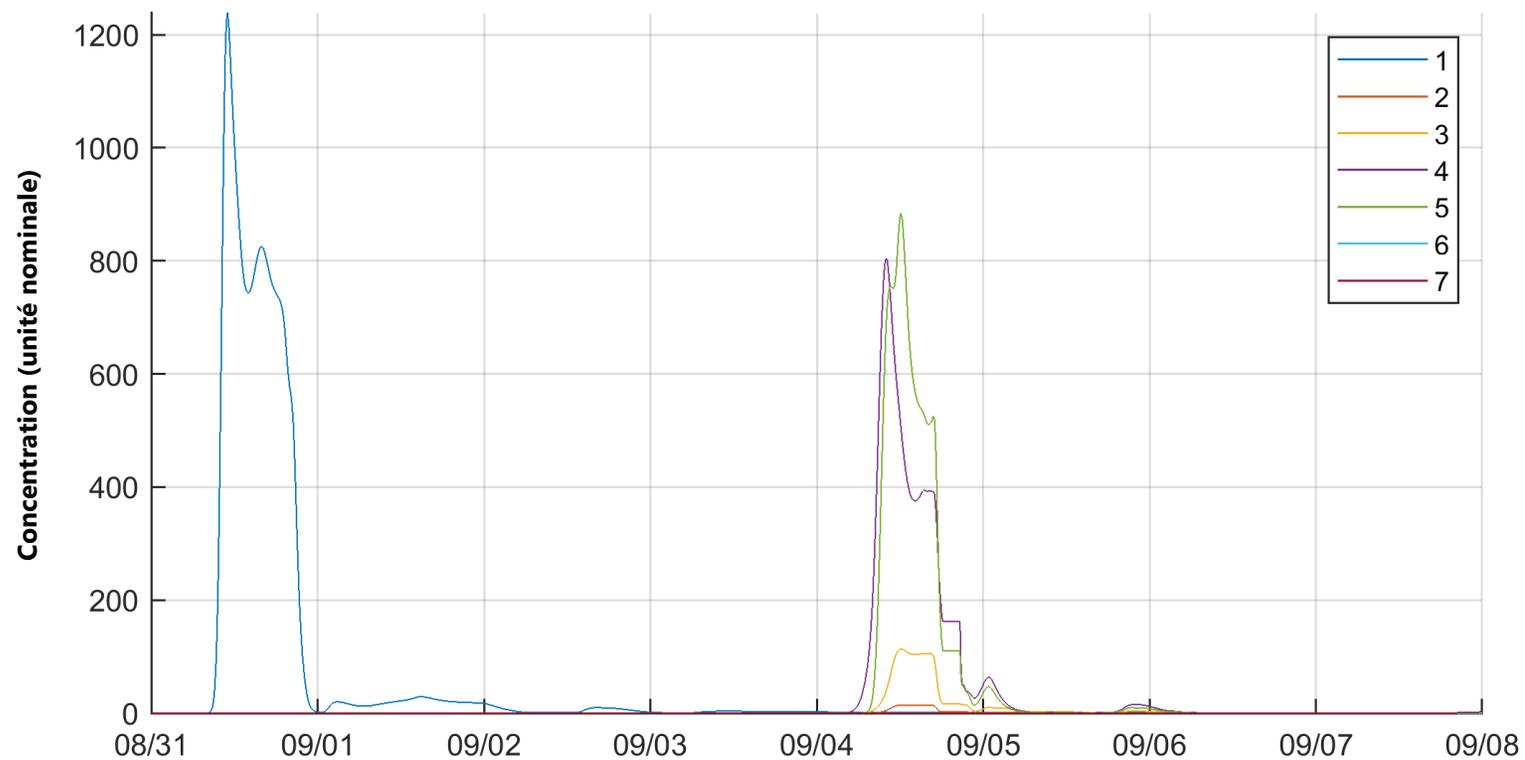
### Déversement K à la plage Parlee, événement 4



### Déversement L à la plage Parlee, événement 4



### Déversement M à la plage Parlee, événement 4



### Déversement N à la plage Parlee, événement 4

