

**Inter-SAGE Baie du Mont-Saint-Michel**

7, BLD WILLY STEIN  
50240 SAINT-JAMES

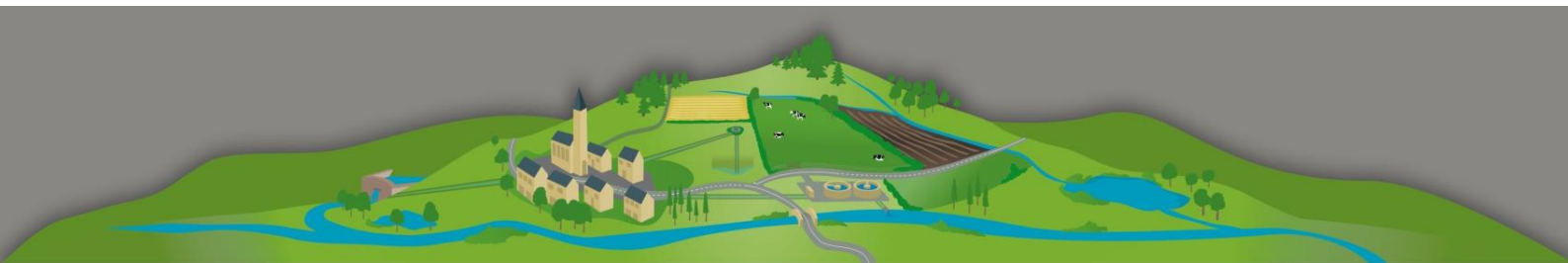
## **Inter-SAGE Baie du Mont-Saint-Michel**

Profils de vulnérabilité des zones conchylicoles et  
des zones de pêche à pied

# PARTIE IV

## *Dispersion des flux dans la Baie et impact sur les zones conchylicoles*

En collaboration avec ACRI-IN



## Sommaire général

*PARTIE 1 - Géographie et usages de la Baie du Mont-Saint-Michel*

*PARTIE 2 - Sources de contamination microbiologique*

*PARTIE 3 - Transferts jusqu'aux exutoires*

### **PARTIE 4 - Dispersion des flux dans la Baie et impact sur les zones conchylicoles**

*PARTIE 5 – Programme d'actions*

## Sommaire spécifique

PARTIE 4 :	DISPERSION DANS LA BAIE ET IMPACTS.....	1
Méthode.....		1
1.	Le modèle MARS 3D .....	2
2.	Les variables météo-océaniques .....	5
3.	Les paramètres biologiques.....	6
Les configurations modélisées .....		8
1.	Les scénarios.....	8
2.	Les flux d' <i>E.coli</i> injectés .....	9
2.1	La concentration en <i>E.coli</i> .....	9
2.2	Les débits des cours d'eau.....	9
Résultats.....		11
1.	L'effet de la marée .....	11
2.	L'effet du vent .....	12
3.	L'effet des conditions hydrologiques .....	15
4.	Le cas d'un traceur conservatif .....	16
5.	Les séries temporelles .....	19
6.	Synthèse .....	24
Pour plus de précisions : Résultat des modélisations, cours d'eau par cours d'eau.....		25

## PARTIE 4 : DISPERSION DANS LA BAIE ET IMPACTS

Une des étapes des profils de vulnérabilité des zones conchylicoles et de pêche à pieds de la Baie du Mont-Saint-Michel est de modéliser l'impact des différents cours d'eau sur la qualité microbiologique des parcs. Cette étape consiste à injecter les flux de matières, transportés aux exutoires des différents fleuves, dans les eaux de la Baie. Le code Mars (Model for Application et Régional Scales), développé par l'équipe DYNECO/DHYSED d'IFREMER. L'utilisation de ce modèle nécessite une expertise du code. Nous avons fait appel à la société ACRI-IN, qui a pu appréhender cette question du Panache dans la Baie sous différents scénarios en utilisant la version MARS 3D.

Pour des raisons techniques et scientifiques, ce sont les concentrations en *Escherichia coli* (*E.coli*), traceur habituel de la contamination fécale, qui sont ici modélisées.

*Dans ce document, les extraits de l'étude réalisée par ACRI-IN sont matérialisés dans un encadré gris.*

### Méthode

Avant d'utiliser le modèle MARS 3D, il était nécessaire :

- De définir le nombre d'entrées dans le modèle (nombre de fleuves)
- De fixer les variables météo-océaniques à intégrer (vitesse et orientation du vent, marée)
- De figer les paramètres biologiques (mortalité des bactéries dans l'eau de mer, facteur d'enrichissement dans les coquillages)
- De cibler les scénarios :
  - o de concentrations en *E.coli*
  - o de débit à modéliser

A l'échelle de ce vaste territoire littoral, les conditions météorologiques varient localement. C'est ce qui a été largement observé lors de la phase de campagnes de mesures de cette étude. Les conditions pluviométriques ne sont pas constantes de Cancale à Granville.

Par exemple, la campagne n°4 se caractérise par un temps de pluie sur un axe Cancale-Granville par vent de Sud-ouest, et dans le même temps, un temps sec en fond de Baie (Pontorson, Avranches).

Or, lors de la modélisation du Panache des flux dans la Baie, les mêmes conditions météorologiques et hydrologiques sont appliquées simultanément à l'ensemble des cours d'eau modélisés. C'est pourquoi il a été choisi de ne pas modéliser directement les résultats des campagnes de mesures mais de les coupler aux autres données disponibles et ainsi mieux cibler les scénarios modélisés.

Les hypothèses retenues et la stabilisation des processus biologiques entraînent nécessairement une simplification des phénomènes naturels. C'est pourquoi les résultats présentés dans la suite de ce document doivent toujours être mis au regard du scénario modélisé et de ses paramètres. Les configurations modélisées correspondent volontairement à des situations extrêmes.

## 1. Le modèle MARS 3D

« Le code hydrodynamique MARS (Model for Applications at Regional Scales) est un modèle communautaire développé et diffusé par l'équipe DYNECO/DHYSED de l'Ifremer et l'UMR LOPS (<http://www.umr-lops.fr/>). Ce code est dédié à la modélisation océanographique côtière des échelles régionales jusqu'aux échelles littorales (quelques centaines voire dizaines de mètres) et intègre une forte composante environnementale (sédimentologie et biogéochimie). Les éléments théoriques et la description du formalisme numériques sont présentés dans Lazure et Dumas (2008)<sup>1</sup>.

Dans le cadre des projets menés à l'Ifremer, MARS est principalement appliqué à la modélisation régionale des façades maritimes métropolitaines et à des configurations côtières dédiées à l'étude d'environnements et d'écosystèmes d'intérêt économique ou patrimonial. Il est aussi utilisé par d'autres organismes de recherche dans le cadre de leurs thématiques propres, par exemple l'hydrodynamique et la morphodynamique littorale, l'hydrodynamique lagunaire, l'hydrodynamique estuarienne et l'application au transport des sédiments fins (GIP Seine Aval, UMR EPOC de l'université de Bordeaux, Université de Buenos Aires, Université de Montevideo)... Enfin, le code MARS est exploité par plusieurs sociétés privées pour réaliser des études d'impact à destination des collectivités locales et par le système d'océanographie côtière opérationnelle PREVIMER (PREvision de la MER) qui fournissait quotidiennement jusqu'en 2016 des prévisions hydrodynamiques et environnementales. Elles sont aujourd'hui disponibles sur le nouveau site <https://marc.ifremer.fr/>

MARS est adapté aux applications côtières, gère les bancs découvrants (zone d'estran-) et permet, grâce à un schéma semi-implicite, de réaliser des simulations longues (plusieurs années) avec un pas de temps important (10-100 s) malgré une résolution spatiale élevée (centaines de mètres et moins). »

Les scénarios sont modélisés aux **5 grands exutoires** de la Baie : la Sée, la Sélune, Le Couesnon, les côtiers du Vivier-sur-Mer (4 exutoires regroupés), et les côtiers de Saint-Benoit-des-Ondes (2 exutoires regroupés).

L'objectif est maintenant :

- D'illustrer les situations courantes, moyennes.
- De caractériser des épisodes accidentels ou exceptionnels

---

<sup>1</sup> Lazure Pascal, Dumas Franck (2008). An external-internal mode coupling for a 3D hydrodynamical model for applications at regional scale (MARS). *Advances In Water Resources*, 31(2), 233-250. <http://dx.doi.org/10.1016/j.advwatres.2007.06.010>

« Le modèle hydrodynamique MARS développé par Ifremer est un algorithme de calcul des courants marins, des hauteurs d'eau et des concentrations des substances dissoutes (ou en suspension temporaire) advectées. Le schéma de résolution des équations de Navier-Stokes repose sur la méthode des différences finies sur un maillage régulier, en deux ou trois dimensions, pour une plus grande souplesse d'utilisation et de réduction de temps de calcul

La bathymétrie est prise en compte par un découpage vertical en niveaux sigmas épousant le profil du fond.

L'algorithme du code repose sur les principes de conservation de la masse et de la quantité de mouvement, résolus selon une expression semi-implicite de la surface libre. Dans sa version tridimensionnelle, MARS 3D procure également la distribution du courant sur la verticale, la température de la mer, la salinité, la hauteur d'eau.

MARS permet de modéliser sous forme de calculs instantanés ou de synthèses (valeurs moyennes, maxi, mini...) les grandeurs suivantes :

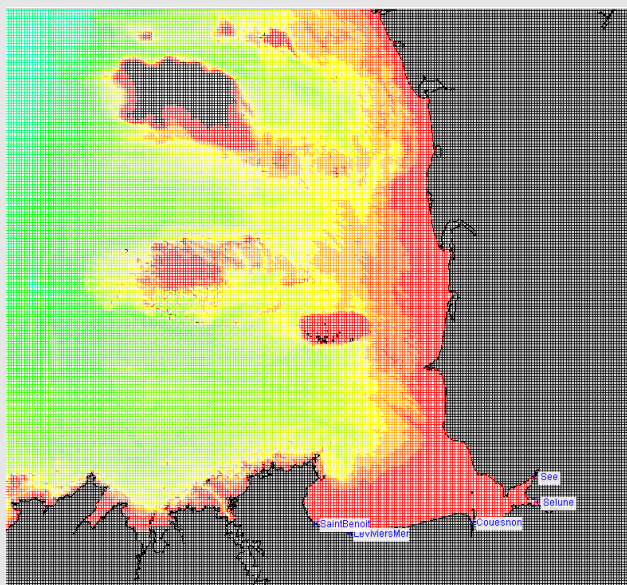
- le courant (composantes U et V) et les résiduelles eulériennes,
- la hauteur du plan d'eau, les niveaux moyens et les composantes harmoniques de marée,
- la salinité, la température
- des constituants provenant de rejets (par exemple les coliformes fécaux),
- le transport sédimentaire et les dépôts.

Il est possible d'introduire dans le modèle, parmi les variables de forçage, des **flux issus de bassins versants** ou de rejets en mer et de simuler le transport et la diffusion de ses substances dissoutes et/ou particulières dans la masse d'eau. La capacité de suivre des trajectoires ou bien des concentrations trouve des applications pour la surveillance des contaminations, d'origine microbiologique ou chimique, chronique ou accidentelle, les études d'impact, les simulations d'options d'aménagement côtier.

MARS utilise une technique d'emboîtement de modèles sous forme gigogne. Par cette technique un modèle de grande emprise et de basse résolution horizontale (grande maille) contient lui-même un ou plusieurs sous modèles (loupes). Ces derniers reçoivent des modèles qui les précèdent, les conditions aux limites sur leur périmètre. Au plan spatial les modèles intermédiaires possèdent une maille environ 4 fois plus petite que celle du modèle précédent. Le modèle de grande emprise s'étend jusqu'au plateau continental et trouve ses conditions aux limites dans la valeur des ondes générant la marée au large. »

Le modèle utilisé est le modèle MARS dans sa version V11.0 Il a été adapté aux besoins de la zone, notamment par une correction bathymétrique plus précise à partir de données existantes. En outre, le modèle a la capacité de prendre en compte les bancs-découvrants (estran), phénomène amplifié en manche.

Figure 1: localisation des émissaires modélisés



Sur la façade atlantique, les différentes échelles spatiales sont résolues par un emboîtement successif de modèles gigognes dont la résolution augmente près des côtes. La grille de calcul utilisée ici est issue d'un modèle de plus grande emprise développé par le Laboratoire Ifremer de Normandie.

Ce modèle est utilisé pour de nombreuses applications, notamment de suivi larvaire, et a été validé par des données de courants de marée du SHOM.

Les chenaux des rivières simulées ont été corrigés manuellement pour permettre un écoulement permanent tout en respectant la pente moyenne de l'estran et éviter l'accumulation de polluant dans des mailles de calcul isolées à marée basse.

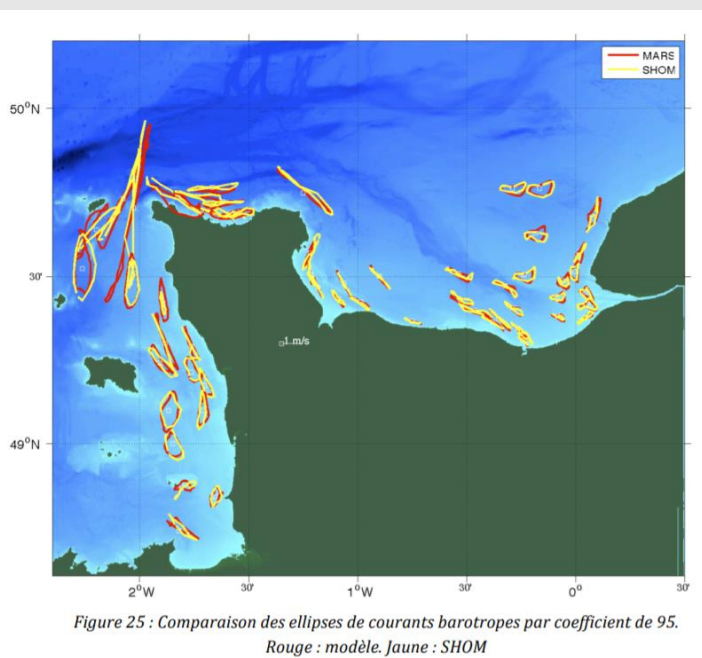
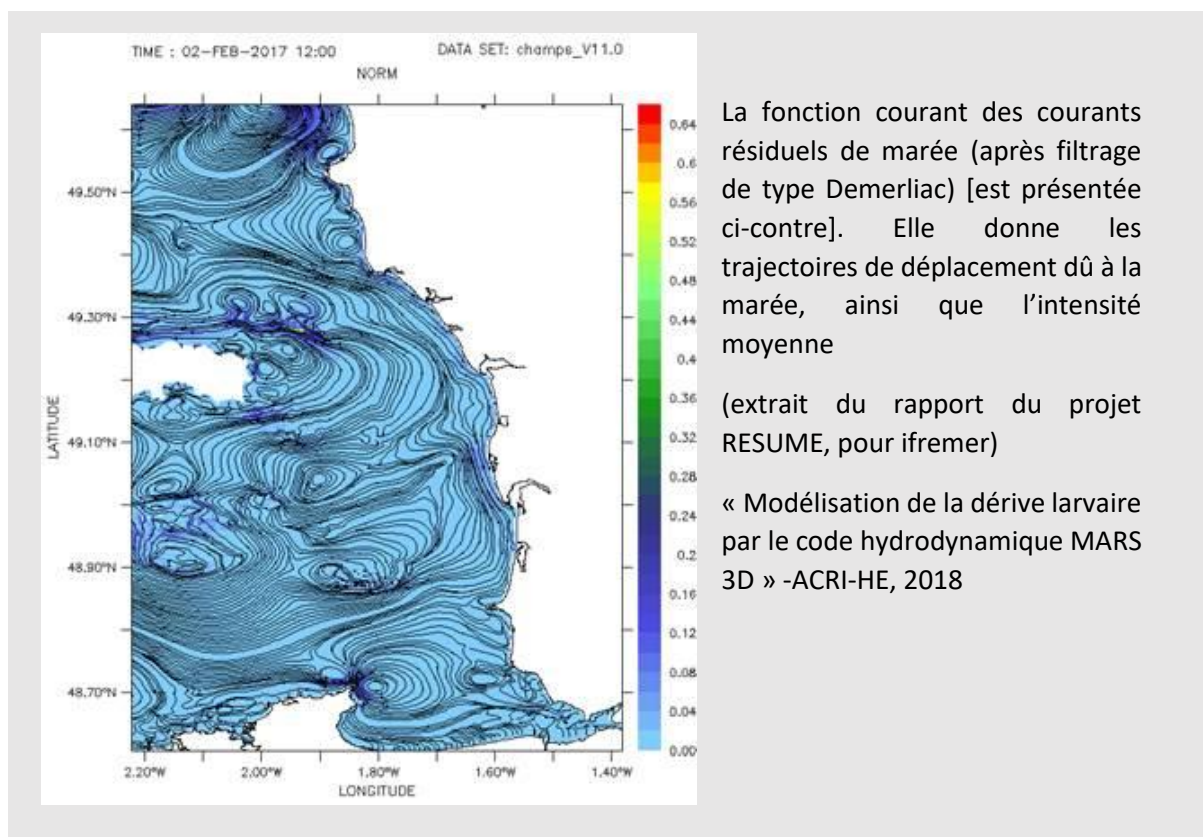


Figure 25 : Comparaison des ellipses de courants barotropes par coefficient de 95. Rouge : modèle. Jaune : SHOM

Figure 2 : validation des roses de courants (rapport Ifremer, Dilemes, 2014<sup>2</sup>)

<sup>2</sup> DILEMES (Dispersion Larvaire de Mytilus Edulis en baie de Seine, Février 2014)



## 2. Les variables météo-océaniques

La vitesse et la direction du vent influencent la direction des panaches de contamination. Ces 2 variables sont donc intégrées. 2 vitesses sont testées : **0 et 9 m/s** alors que 3 directions seront modélisées :

- **Sud-ouest**, dominant l'hiver ;
- **Nord-ouest**, potentiellement propice au confinement des panaches en fond de Baie
- **Nord-est**, potentiellement la direction la plus propice à une dispersion des flux des grands fleuves vers les parcs.

Tous ces scénarios de vent sont modélisés pour une situation critique (crue hivernale + pluie) afin d'observer la direction de dispersion des panaches et leur extension **maximale**. Les modalités retenues ici sont volontairement extrêmes.

Enfin, pour se détacher de l'impact du coefficient de la marée, la modélisation est réalisée sur une **période de 14 jours** (coef. de 40 à 90). Des plages de 6 jours correspondants à des périodes de vive-eau et de morte-eau en sont ensuite extraites.

Les coefficients utilisés et les niveaux marins associés sont ceux de la première quinzaine du mois de janvier 2020 (du 1<sup>er</sup> au 15 janvier).

◀ Décembre 2019		Janvier 2020					Février 2020 ▶	
Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche		
30	31	1	2	3	4	5		
73 69	65 60	56 51	47 43	40	38 37	37 39		
6	7	8	9	10	11	12		
42 46	50 55	60 66	71 76	80 85	88 91	93 95		
13	14	15	16	17	18	19		
95 95	93 91	88 83	79 73	69	63 59	56 54		
20	21	22	23	24	25	26		
54 55	58 61	65 69	72 76	79 81	83 84	84 84		
27	28	29	30	31	1	2		
84 82	80 78	74 71	67 63	58 54	49 45	41		

Figure 3 : Table des coefficients de marée (source : marea.info)

### 3. Les paramètres biologiques

Le T90 (*temps nécessaire pour que 90% la population bactérienne meurt*) retenu s'élève à **48h**. Il est volontairement élevé pour la Baie puisque la turbidité importante de ses eaux limite l'effet direct et indirect des UV sur la mortalité des bactéries.

Les résultats cartographiques des scénarios présentent la **concentration maximale en *E. coli* dans l'eau de mer**, pour la plage de 6 jours étudiée. Afin de conserver le lien avec l'enjeu conchylicole, l'échelle de couleur utilisée traduit le processus d'enrichissement des coquillages (donc le niveau de concentration dans les tissus des coquillages et non dans l'eau). Pour *Escherichia coli*, il est admis que le facteur d'enrichissement est d'environ 10 moules et 30 pour les huitres.

« [En effet] les mollusques bivalves sont des organismes filtreurs, microphages, c'est à dire s'alimentant à partir de particules assimilables, phytoplancton et bactéries, sélectionnées selon leur taille. Leurs fonctions de nutrition et de filtration entraînent l'accumulation des contaminants microbiens.

La concentration des micro-organismes dans les tissus des coquillages par rapport au milieu naturel est définie par le facteur d'enrichissement. Il varie de 0,6 à 250 ; un facteur 30 est utilisé dans la plupart des études.

Tableau 1 : Facteur d'enrichissement par coquillage et par microorganisme

Bivalve	Micro-organismes	Facteur d'enrichissement
Huîtres	Escherichia Coli	27
Huîtres	Coliformes fécaux	30
Huîtres	Coliformes totaux	7 à 16
Huîtres	Streptocoques fécaux	3 à 16
Coques	Coliformes fécaux	10
Coques	Streptocoques fécaux	150
Moules	Escherichia Coli	10
Moules	Coliformes fécaux	13 à 20
Moules	Streptocoques fécaux	125 à 250

Le facteur d'enrichissement varie largement en fonction de nombreux facteurs : temps d'exposition à la masse d'eau contaminée, l'état physiologique du bivalve (les naissains de moules concentrent davantage que les bivalves adultes selon Schwartzbrod et col.1991), le type de bactérie, son efficacité de filtration, le poids et le volume du liquide intervalvaire. Source guide méthodologique Eau-Loire-Bretagne 2014.

**Le facteur d'enrichissement est une valeur moyenne, obtenue pour un coquillage en filtration continue. Ici, les zones d'élevage sont majoritairement situées sur l'estran, ou en bordure de la ligne de plus basse mer. Leur durée d'immersion (et donc de filtrage) varie en fonction de leur position.**



Par ailleurs, la concentration dans l'eau de mer varie également au cours du temps, principalement, dans les hypothèses que nous faisons, en raison du courant de marée qui fait osciller le panache au large.

On estime la durée de filtration nécessaire pour obtenir ce facteur d'enrichissement à quelques heures (autour de 6h). Ensuite, la décontamination dans une eau saine, peut aller de quelques jours à une semaine.

Rappelons que la valeur du coefficient d'enrichissement est plus fort en été qu'en hiver (entre 30 et 5)

La conversion de la concentration dans l'eau vers la concentration dans le coquillage doit donc être appréhendée avec précaution et en fonction des éléments précisés ci-avant. »

Ainsi, une concentration de 8 à 23 *E.coli*/100 ml d'eau de mer pourra ainsi se traduire par une concentration d'environ 230 *E.coli*/100 mg CLI respectivement dans les huîtres et dans les moules (limite supérieure de la classe A). De la même manière, 150 à 460 *E.coli*/100 ml d'eau de mer pourra entraîner un passage de la zone à la classe B.

Tableau 2 : Échelle de qualité ; correspondance entre les concentrations en *E.coli* dans l'eau de mer et dans les coquillages, sur la base d'un facteur d'enrichissement de 30 (Source : ACRI-IN)

Échelle de couleur (Eau de mer)	Concentration dans l'eau de mer (E.coli/100ml)	Facteur d'enrichissement	Concentration dans les coquillages (E.coli/100mg CLI)	Classe
10000	10 000			
4600	4 600	10	46 000	C
1500	1 500	30	46 000	
460	460	10	4 600	B
150	150	30	4 600	
23	23	10	230	A
8	8	30	230	
0	0			

L'évolution de la concentration en *E.coli* dans les coquillages sera modélisée en 7 points de la Baie, localisés dans des zones de production. Un **facteur d'enrichissement de 30** est « appliqué à la concentration de la maille de calcul du modèle » où se trouve le point de suivi.

L'évolution temporelle de la concentration des coquillages peut ainsi être mise au regard de la phase de la marée. L'impact de chaque cours d'eau peut aussi être distingué de celui des autres.

## Les configurations modélisées

### 1. Les scénarios

Les scénarios modélisés sont résumés dans le tableau suivant. Nous rappelons que pour chaque scénario, les vives-eaux et les mortes-eaux sont modélisées, ce qui multiplie le nombre de configurations par 2.

Tableau 3 : Scénarios modélisés

Scenario		Fonctionnement portes à flots	Conditions hydrologiques	Pluie	Vent
1	Crue hivernale - Ruissellement, remise en suspension des sédiments	Ouverture <b>2 fois par jour</b> (à chaque marée)	Hautes eaux	Temps de pluie	Nul
2					NE 9 m/s
3					SO 9 m/s
4					NO 9 m/s
5	Bruit de fond estival	Ouverture <b>1 fois par semaine</b> , le jeudi	Basses eaux	Temps sec	Nul
6	Orage d'été - Dysfonctionnement réseaux EU et Submersion des prairies pâturées	Ouverture d'urgence pour évacuer la crue	Basses eaux	Temps de pluie	Nul

#### Scénario 1 à 4 :

Au cours de cet hiver particulièrement humide (2019-2020) nous avons pu vérifier que les conditions de contaminations étaient parmi les plus fortes. Nous sommes sur un scénario à forte contribution, où le contexte de nappe haute cumulé à de fortes précipitations entraîne des dysfonctionnements majeurs sur les systèmes d'assainissement et potentiellement sur les versants agricoles. C'est le scénario le plus déclassant dans la Baie.

Pour appréhender l'effet du vent sur la dispersion du panache de contamination, 4 situations sont testées pour la crue hivernale sous pluie (avec ou sans vent et 3 directions).

#### Scénario 5 :

A l'opposé, une situation correspond au bruit de fond estival est caractérisé. Un débit compris entre le Qmoyen du mois d'août et le QMNA5 de chaque cours d'eau est appliqué. L'hypothèse est qu'il n'y a pas d'accident sur le réseau EU, ni de ruissellement (pas d'orage estival) sur les terrains. Les concentrations seront ici les plus faibles attendues, d'autant plus que les portes à flot et le barrage du Couesnon ralentissent significativement le flux vers la Baie, provoquant une chute des concentrations en *E.coli* dans l'eau (Lyse et décantation).

## **Scénario 6 :**

Les dysfonctionnements peuvent aussi avoir lieu lors d'orages estivaux. Cette situation est aussi modélisée. Le débit des cours d'eau reste inférieur au débit hivernal mais les concentrations mesurées peuvent atteindre des niveaux très élevés (débordements majeurs et moins de dilution).

### 2. Les flux d'*E.coli* injectés

#### 2.1 *La concentration en E.coli*

L'évolution des panaches de contamination fécale dans la Baie dépendra des conditions hydrologiques (débit), des conditions météorologiques (vitesse et direction du vent, temps sec ou temps pluie) et des conditions océaniques (vive-eau, morte-eau). L'effet des précipitations est caractérisé ici par une variation croisée des débits des cours d'eau et de leur concentration en *E.coli*.

Pour chaque situation météo/hydrologique, nous appliquons une concentration en germes issue : du traitement des **données du suivi RQM** (CD50 - donnée mensuelle, jusqu'à 2012 pour le Couesnon, 2018 pour la Sée et la Sélune) ; des **données du suivi de l'ACCETEM** (2015) pour les côtiers du Vivier et de Saint-Benoît.

Les 3 premières campagnes de prélèvement de la **phase 2 des profils** ont apporté des précisions sur les domaines de variations, nécessaires ici pour combler le manque d'historique, en particulier pour les eaux du marais de Dol.

Les bruits de fonds sont issus à partir des chroniques existantes, mais aussi de leur extrapolation sur le Marais. Les pics de concentration et par conséquent de contamination, correspondent soit aux à-coups hydrologiques (crue) en période hivernale, soit à des dysfonctionnements des dispositifs d'assainissement (différents d'un bassin à l'autre).

#### 2.2 *Les débits des cours d'eau*

Les débits aux exutoires sont estimés à partir des débits mesurés en amont sur les bassins versants. Le débit spécifique est calculé (l/s/km<sup>2</sup>) avant d'être appliqué à l'ensemble du bassin versant. Les données sont issues des **stations limnimétriques** suivies par les services de l'Etat. Le fonctionnement des portes

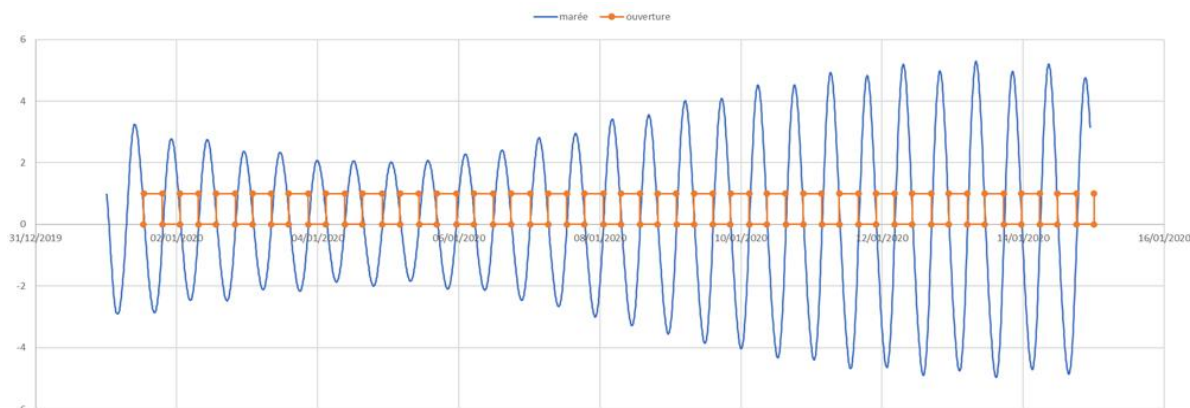


Figure 4 : Schématisation de la chronologie d'ouvertures des portes à flots ; fermeture 3h avant la pleine-mer, ouverture 3h après la pleine-mer (Source : ACRI-IN)

à flots et des vannes des Côtiers du Vivier et de Saint-Benoit est intégré avec une fermeture des ouvrages 3h avant la pleine-mer et une réouverture 3h après. La fréquence d'ouverture/fermeture est la suivante : 1 fois par semaine en étiage ; 2 fois par jour en crue.

Lorsque son débit est supérieur à 40 m<sup>3</sup>/s, le Couesnon n'est plus contrôlé par le barrage qui ne fait alors pas de lâcher. Pour les situations courantes, les flux des autres cours d'eau sont injectés en continu dans le modèle.

Les concentrations et débits utilisés pour ces scénarios sont les suivants :

Tableau 4 : Concentrations en *E.coli* et débits utilisés

	Bruit de fond hivernal		Temps de pluie hivernal (Crue)		Bruit de fond estival		Orage estival	
	Débit (m <sup>3</sup> /s)	[ <i>E.coli</i> /100ml]	Débit (m <sup>3</sup> /s)	[ <i>E.coli</i> /100ml]	Débit (m <sup>3</sup> /s)	[ <i>E.coli</i> /100ml]	Débit (m <sup>3</sup> /s)	[ <i>E.coli</i> /100ml]
	P50 HE		Q2		QMNA5		P90 BE	
Sée	15	1.0x10 <sup>3</sup>	47	6.7 x10 <sup>3</sup>	1.8	4.5 x10 <sup>3</sup>	7	1.5 x10 <sup>4</sup>
Sélune	18	1.3 x10 <sup>3</sup>	70	4.0 x10 <sup>3</sup>	2.6	6.2 x10 <sup>3</sup>	10	1.0 x10 <sup>4</sup>
Couesnon	15	1.1 x10 <sup>3</sup>	60	3.7 x10 <sup>3</sup>	0.9	1.6 x10 <sup>3</sup>	6	4.8 x10 <sup>3</sup>
Vivier s/ Mer	2.5	5.0 x10 <sup>2</sup>	12	5.3 x10 <sup>3</sup>	0.17	8.5 x10 <sup>2</sup>	0.66	2.4 x10 <sup>3</sup>
Saint-Benoit	3.1	1.0 x10 <sup>3</sup>	13	2.3 x10 <sup>3</sup>	0.20	2.7 x10 <sup>2</sup>	0.82	5.0 x10 <sup>2</sup>

La concentration qui est représentée dans les figures suivantes est **l’empreinte de la valeur maximale** laissée au cours de la période retenue pour la morte-eau ou la vive-eau. Cette période est fixée à 4 jours. Le flux rejeté en chacun des 5 points est différencié pour connaître l’influence de chaque cours d’eau puis une vision cumulée reprend l’ensemble de ces 5 flux sur les zones de production.

« Les temps de pluie sont modélisés par des débits de crue sur une durée de 72 heures. En dehors de cette période, on utilise le débit [temps sec]. » [...] « Le débit de crue correspondant à un orage estival a une durée de 24h. »

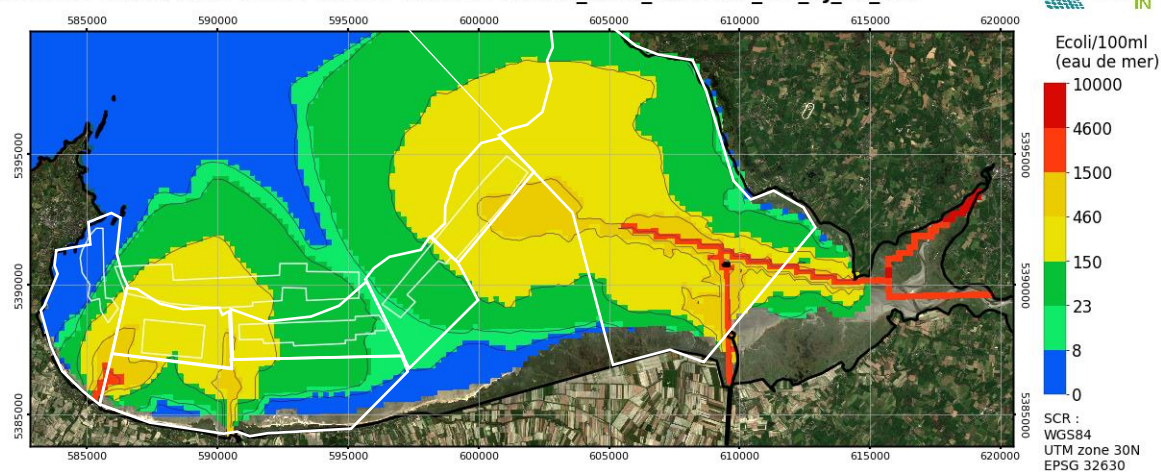
## Résultats

L'effet des 5 grands fleuves arrivant en Baie se cumule plus ou moins selon les configurations. Les figures ci-dessous montrent donc l'effet cumulé et simultané de l'ensemble de ces 5 principaux cours d'eau. Afin de préciser la part issue de chaque fleuve, ils ont également été analysés individuellement. Pour une meilleure lisibilité du document, les résultats des modélisations cours d'eau par cours d'eau sont présentés en annexes.

### 1. L'effet de la marée

Pour analyser l'effet de la marée et plus précisément du marnage, les modélisations correspondant aux mortes-eaux et aux vives-eaux sont comparées. Les flux terrigènes modélisés sont ceux d'une crue hivernale sous pluie (flux maximal).

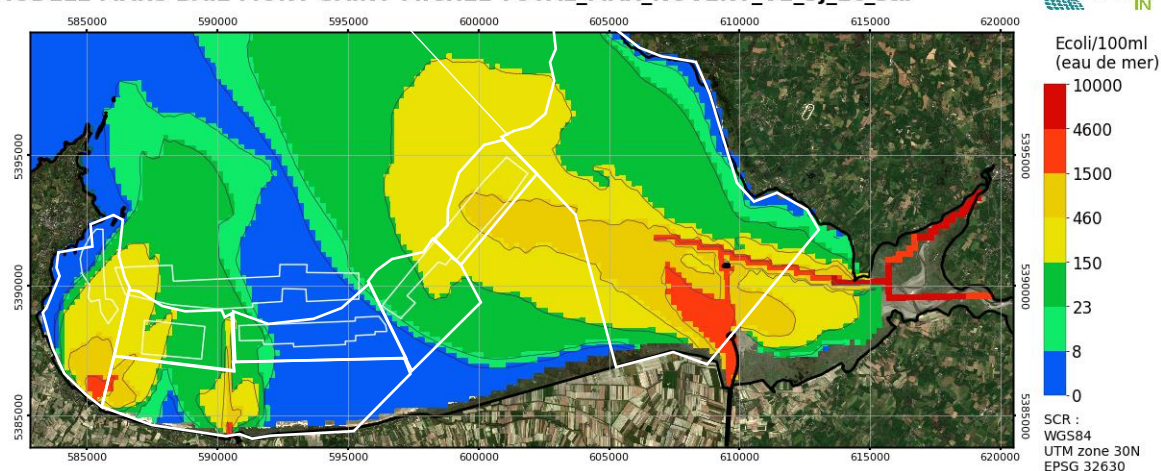
**MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL TOTAL\_MAX\_NOVENT\_ME\_3j\_2c\_stb**



ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

**Mortes-eaux, Vent nul, Crue hivernale sous pluie**

**MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL TOTAL\_MAX\_NOVENT\_VE\_3j\_2c\_stb**



ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

**Vives-eaux, Vent nul, Crue hivernale sous pluie**

Pour la Sée, la Sélune et le Couesnon :

« Si les situations de vive eau et morte eau sont sensiblement équivalentes, on notera cependant un impact légèrement plus fort pendant une période de vive-eau, l'excursion du courant de marée étant plus importante, le panache est exporté plus loin vers le large. »

Pour les côtiers du Vivier et de Saint-Benoit :

« Les vannes sont situées plus près des zones ostréicoles, et leur impact est notable quelle que soit la marée sur la partie occidentale. En vive-eau, le panache sera plus rapidement happé par la marée descendante, et sera sensiblement moins étalé qu'en morte-eau ».

En morte-eau, les secteurs à forte concentration sont plus étendus qu'en vive-eau. On notera cependant que les périodes de morte eau limitent la dispersion vers le large. On observe ainsi que les panaches de la Sélune et du Couesnon viennent frôler la côte manchoise dans ces conditions de débits élevés, atteignant les zones de pêche à pied de Champeau et de Saint-Jean-le-Thomas.

Cumulé avec celui de la Sée, le panache de ces grands fleuves est susceptible d'impacter principalement la zone 35.15 Super Est, dans ces conditions de crue hivernale. La partie orientale de la zone 35.14 (Les Hermelles) est également sous l'influence de ces grands émissaires, avec un impact plus étendu en vive-eau.

A l'extrême Ouest, les zones de Cancale (35.07 et 35.08) sont globalement protégées, même si le panache des côtiers de Saint-Benoît atteint la partie Sud en vive-eau. On notera que les rejets pluviaux et les déversements d'eaux usées via le trop-plein des postes de refoulements, non modélisés ici, sont susceptibles d'impacter localement la qualité des concessions les plus proches de la côte cancalaise.

Le panache des côtiers du Vivier suit le chenal qui passe entre les zones 35.11 (Hirel) et 35.13 (Cherrueix). Cette fois, ces 2 zones sont les plus impactées en morte eau. On notera que les sites de dépôts de la zone 35.06 (Baie du Mont-Saint-Michel Rivage) qui se trouvent à proximité immédiate du chenal des côtiers du Vivier sont sous l'influence de ce rejet, aussi bien en morte-eau qu'en vive-eau.

On notera qu'en période de vive-eau, la zone de Cherrueix est quasiment entièrement préservée, tout comme l'est de la zone du large (35.01). Le panache de l'ensemble Sée, Sélune Couesnon ne se mélange alors pas alors ceux des Côtiers du Vivier et de Saint-Benoît.

Globalement, les émissaires modélisés impactent des secteurs plus étendus en vive-eau qu'en morte-eau. La situation inverse n'est observée que pour les côtiers du Vivier.

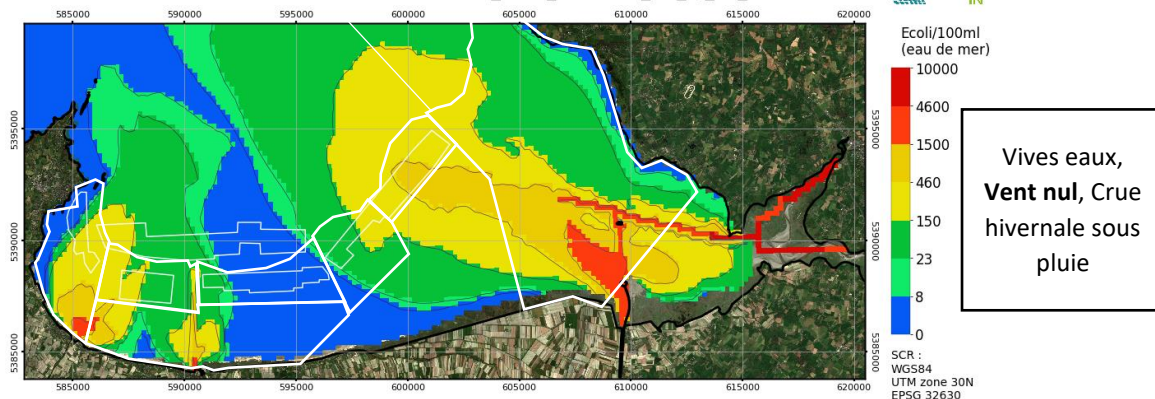
Ci-après, pour une meilleure lisibilité, seuls sont présentés **les résultats pour la vive-eau**.

## 2. L'effet du vent

3 scénarios de vent ont été modélisés pour tester l'influence de son orientation sur la dispersion des panaches de contamination dans la Baie. Ces 3 scénarios (Sud-est, Nord-est, Nord-ouest) sont ici comparés au scénario précédent, sans vent.

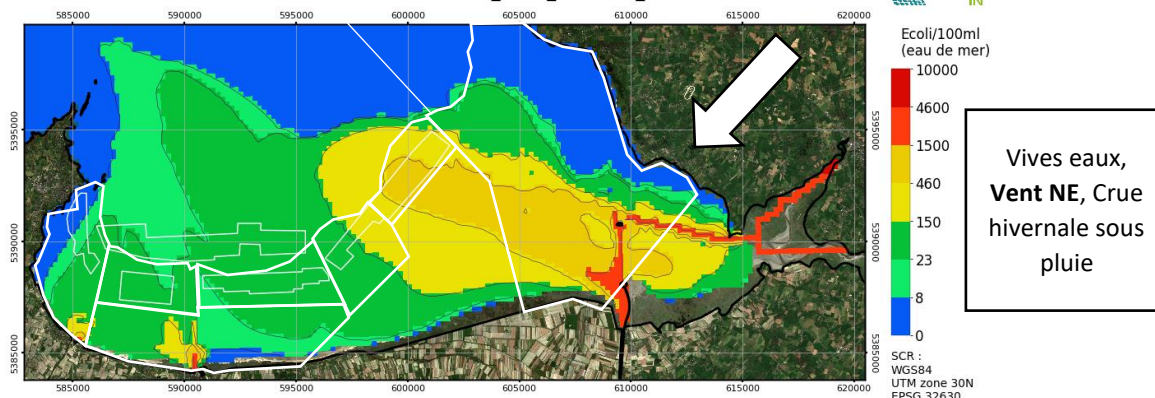
La modélisation est réalisée pour les conditions hydrologiques de crue hivernale, sous pluies (72h), pendant une période de vive eau.

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL TOTAL\_MAX\_NOVENT\_VE\_3j\_2c\_stb



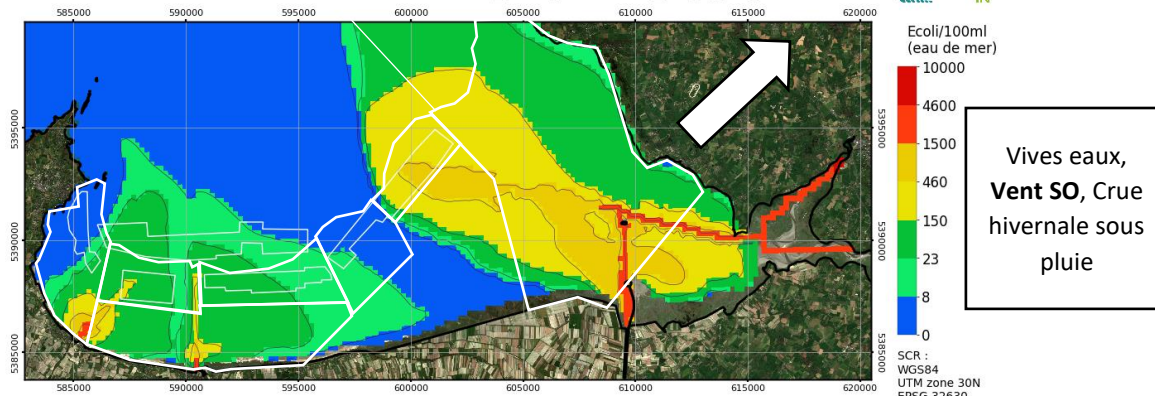
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL TOTAL\_MAX\_VENT45\_VE



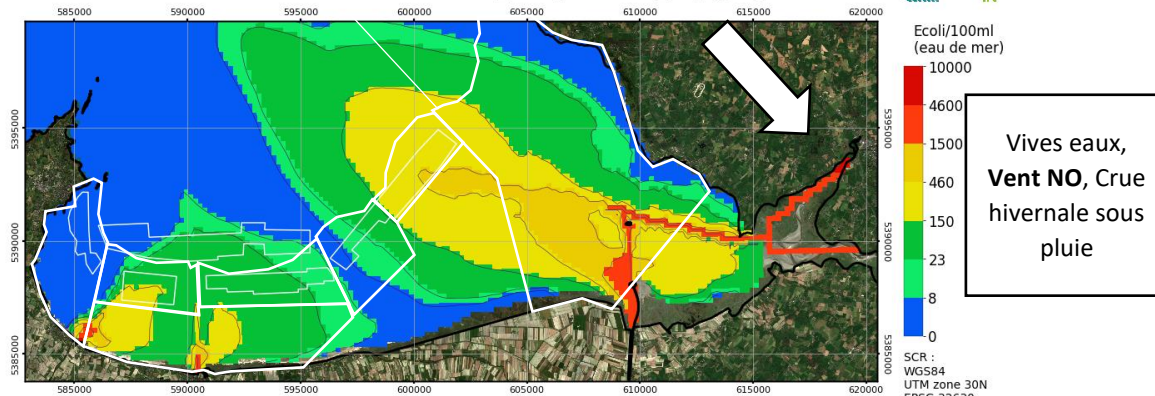
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL TOTAL\_MAX\_VENT225\_VE\_3j\_2c\_stb



ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL TOTAL\_MAX\_VENT315\_VE\_3j\_2c\_stb



ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

#### Vent de Nord-est

« Le vent de nord-est soutenu a pour effet de décoller le panache des côtes au nord de la Baie. Le panache des rivières prend la direction des bouchots, et dans le cas de la Sélune et du Couesnon atteint même la zone en eau profonde, mais en deçà du seuil de 4600 *E.coli*/100gCLI.

Etant donné la configuration du trait de côte, les panaches des vannes sont eux plutôt plaqués vers la côte de Cancale. »

Le panache de l'ensemble Sée – Sélune – Couesnon rejoint celui des côtiers du Vivier. Excepté le Nord de la zone de Cancale (35.07) et de la zone de stockage (35.08), tous les sites de productions sont impactés dans cette configuration de crue hivernale simultanée sur tous les émissaires, par vent de Nord-est.

Le scénario de crue par un vent de Nord-est a été choisi pour illustrer une situation pénalisante, plaquant les panaches sur la côte breillienne. On retiendra toutefois que les vents de nord-est sont généralement froids et secs. Il est peu fréquent qu'ils s'accompagnent de fortes précipitations et ils sont plus rares que les vents de sud-ouest.

#### Vent de Sud-ouest

« L'essentiel de la pollution des 3 rivières est advecté vers Champeaux et Granville, mais la moitié de la zone de bouchots est soumise à de fortes concentrations (<4600) venant du Couesnon et de la Sélune.

Le rejet de Vivier sur Mer est également dévié vers l'est et touche le sud de la zone de bouchots (<1000 *E.coli*). »

Dans cette configuration, les zones de pêche à pied de la côte manchoise peuvent être impactées également par le panache cumulé de la Sée, la Sélune et du Couesnon.

#### Vent de Nord-ouest

Par vent de Nord-ouest, le panache de la Sée, de la Sélune et du Couesnon est moins étendu que par un vent de Nord-est. On notera que cette configuration épargne totalement la côte cancalaise (zones 35.07 et 35.08).

Les panaches des côtiers de Saint-Benoit et du Vivier restent bloqués à proximité de la côte et s'étirent vers l'Ouest. Les côtiers du Vivier impactent alors principalement la zone de Cherrueix alors que l'influence des côtiers de Saint-Benoit se ressentira surtout sur la zone de Hirel.

Les panache de la Sée, la Sélune et le Couesnon se dispersent moins et restent cloisonné dans l'axe de la zone Super Est.

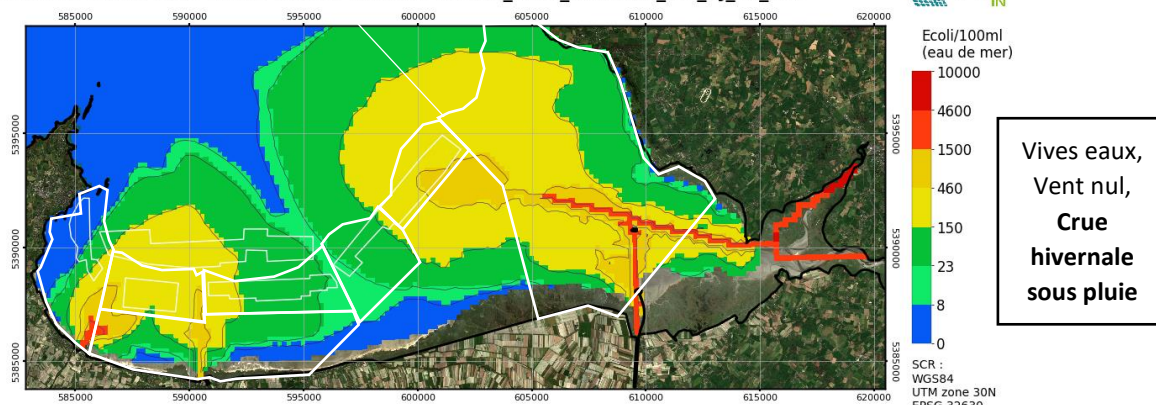


### 3. L'effet des conditions hydrologiques

Les conditions hydrologiques (débit) varient au cours de l'année entre les basses eaux et les hautes eaux. Elles varient également d'une année sur l'autre en une alternance irrégulière d'années sèches et d'années humides.

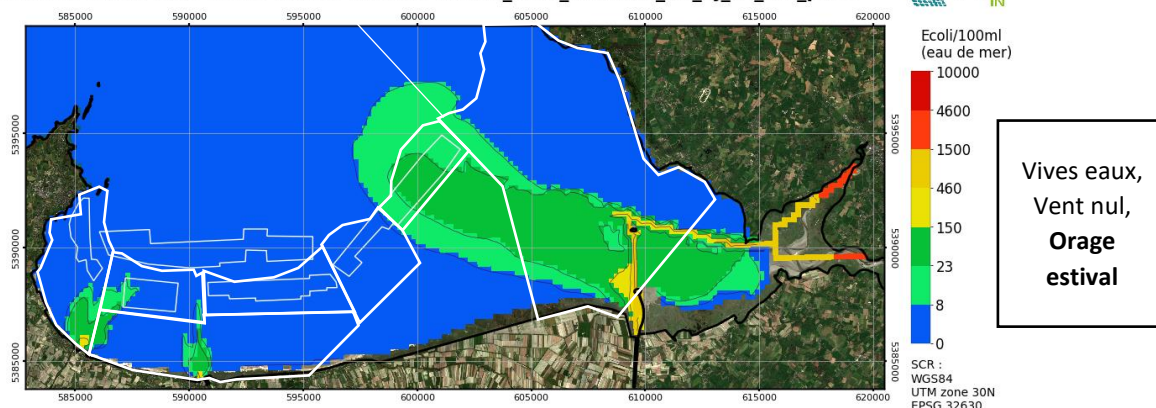
Le flux microbologique véhiculé par les cours d'eau vers la Baie est très largement dépendant du débit. En complément de la configuration de crue hivernale sous pluie, 2 autres situations sont modélisées : le bruit de fond estival et un orage estival.

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL TOTAL\_MAX\_NOVENT\_ME\_3j\_2c\_stb



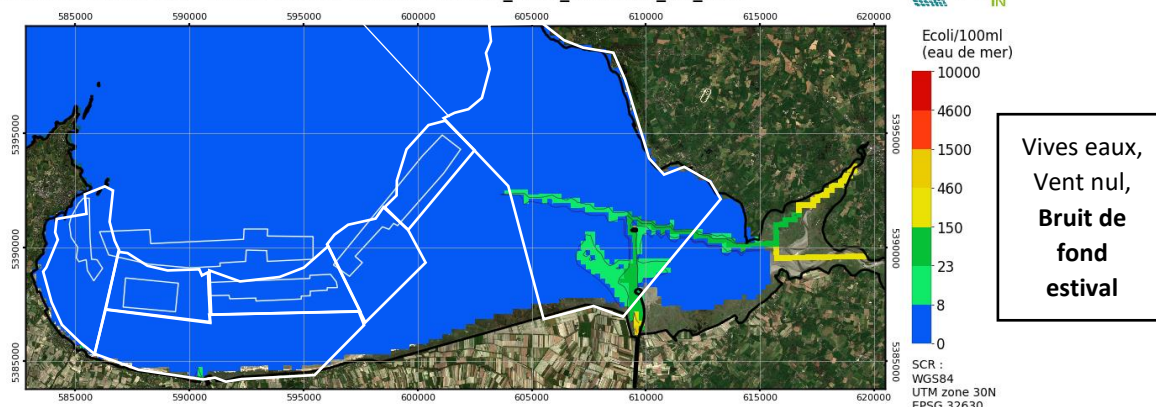
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL TOTAL\_MAX\_NOVENT\_VE\_3j\_2c\_stb\_p24h



ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL TOTAL\_MAX\_NOVENT\_VE\_tsec



ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

Les crues hivernales s'observent sur plusieurs jours, dans un contexte de nappe haute cumulé avec les pluies régulières. Ce contexte de saturation des sols et des différents ouvrages d'assainissement peut engendrer des dysfonctionnements de longue durée. Si le flux des cours d'eau est élevé, la concentration est diluée. Le débit des cours d'eau est tel que le panache est rapidement poussé jusqu'aux zones de production.

#### Orage estival

Le contexte estival est différent : l'orage d'été (nappes basses) se caractérise par des pluies intenses mais de courte durée. La concentration en *E.coli* mesurée dans les cours d'eau peut alors atteindre des niveaux très élevés puisque les débits plus faibles qu'en hiver, ont nécessairement une moins bonne capacité de dilution.

La modélisation du scénario d'orage estival montre que le débit de l'ensemble Sée – Sélune – Couesnon est suffisant pour atteindre la zone Super Est (35.15). La concentration injectée ici est la médiane des données du suivi RQM du CD50. L'impact sur les coquillages de la zone peut donc temporairement être plus important. C'est une zone mytilicole qui est touchée. Or les moules ont un facteur d'accumulation plus faible (x10) que les huitres (x30). La concentration dans les coquillages sera donc plus faible que s'il s'agissait d'huitres.

On notera que c'est la seule zone impactée. Les côtiers du Vivier et des Côtiers de Saint-Benoit n'ont pas un débit suffisant pour pousser leurs panaches jusqu'aux parcs.

#### Temps sec estival

« Les flux modélisés sont ici très faibles, et peuvent être considérés comme le « bruit de fond » de la concentration en mer, lorsqu'il n'y a aucun incident particulier. Les concentrations sont tracées pour la vive-eau, sachant que contrairement au cas hivernal, le lâcher des vannes des marais n'a ici lieu qu'une seule fois par semaine. La rivière du Couesnon est modélisée sans l'effet du barrage, le débit est la valeur du débit journalier total. »

En complément, 2 scénarios supplémentaires ont été envisagés pour matérialiser des accidents estivaux sur les systèmes d'assainissement. Toutefois, au vu des premiers résultats, il n'a pas été nécessaire de les modéliser. En effet, le panache d'un accident estival ne modifiant pas le débit des émissaires, il n'atteindra pas les parcs.

#### 4. Le cas d'un traceur conservatif

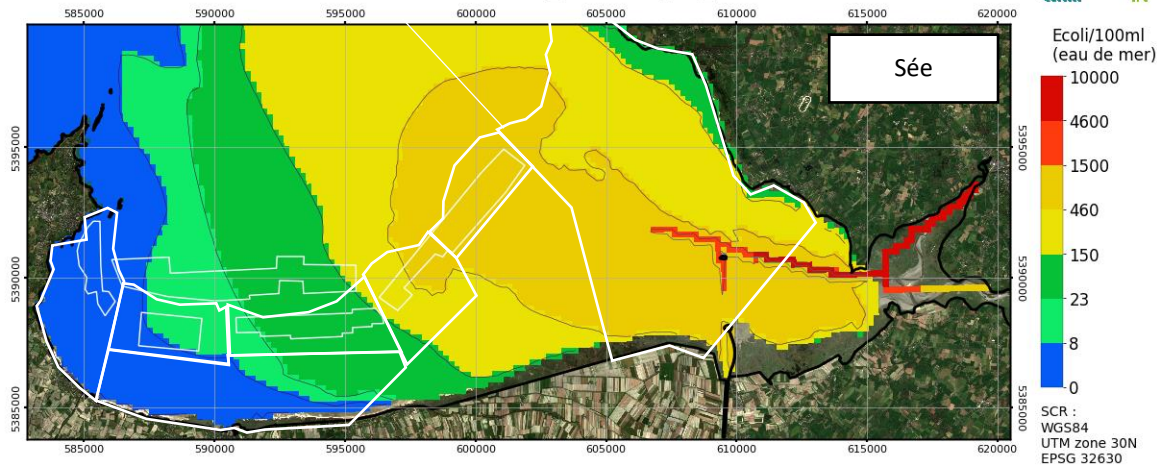
L'hiver 2019-2020, 2 zones de la baie du Mont-Saint-Michel ont fait l'objet d'une interdiction de récolte et de commercialisation des coquillages, en lien avec une épidémie de gastro-entérite en lien avec la présence de norovirus.

Les virus, et plus particulièrement les norovirus, ont la particularité de persister longtemps dans le milieu. Les mécanismes en jeu sont encore mal compris (recherches en cours) mais il est admis que leur infectiosité est forte : quelques particules virales infectieuses peuvent suffire à engendrer des symptômes, selon la souche et l'individu considéré.

Pour matérialiser les dispersions en Baie d'un norovirus, le modèle est utilisé sans coefficient de décroissance (T90).

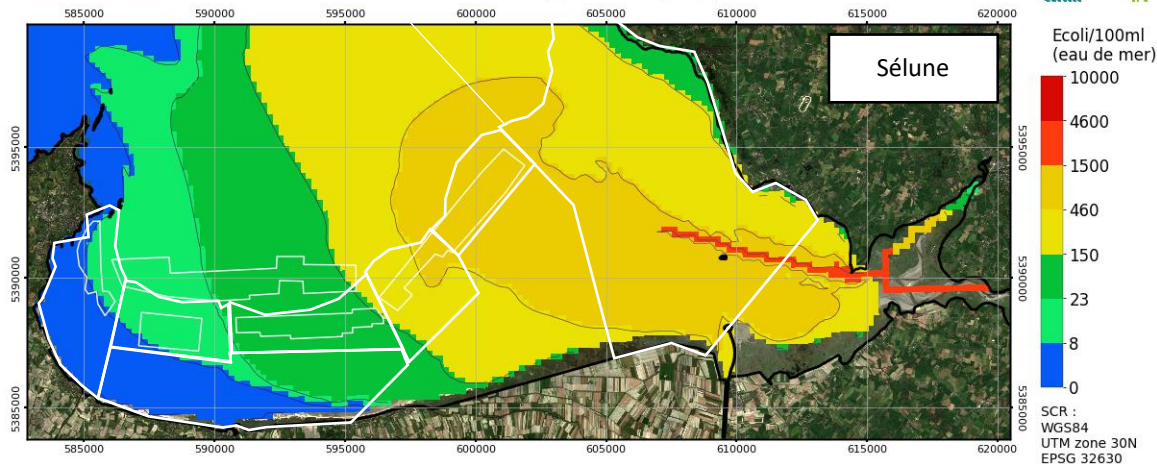
« Dans le cas d’une contamination par un traceur sans coefficient d’extinction, seule la dilution peut faire baisser la concentration. Nous présentons ici le cas pour une marée de vive-eau sans vent, à titre indicatif. »

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_not



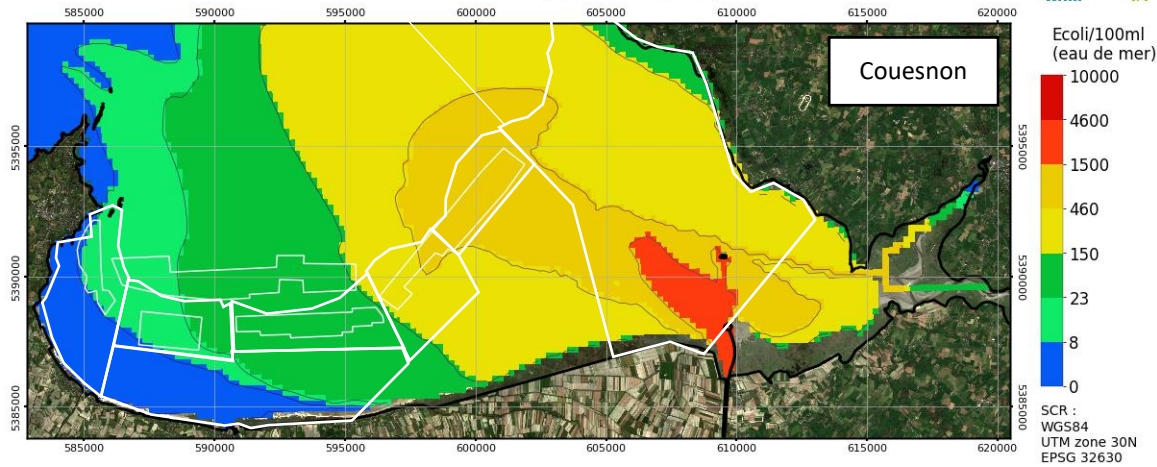
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_not



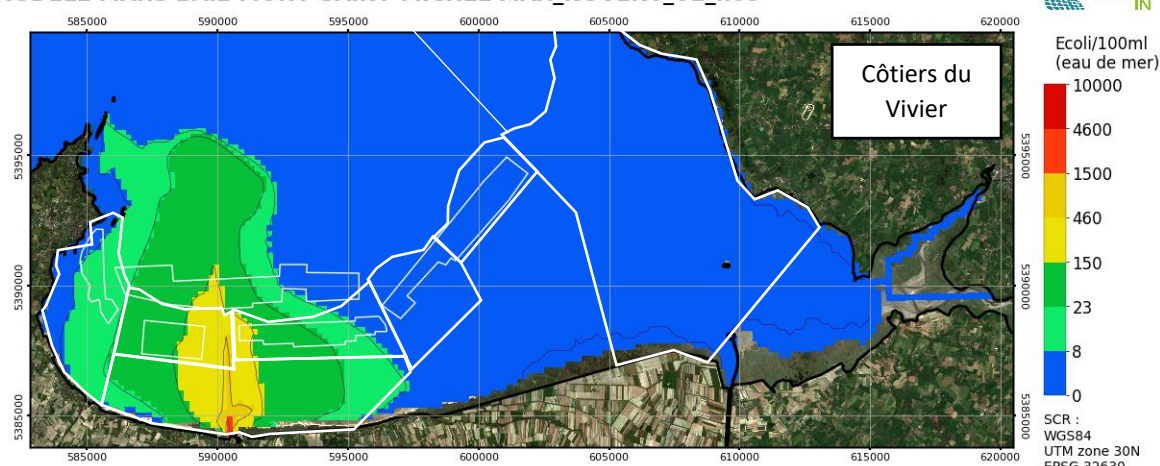
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_not



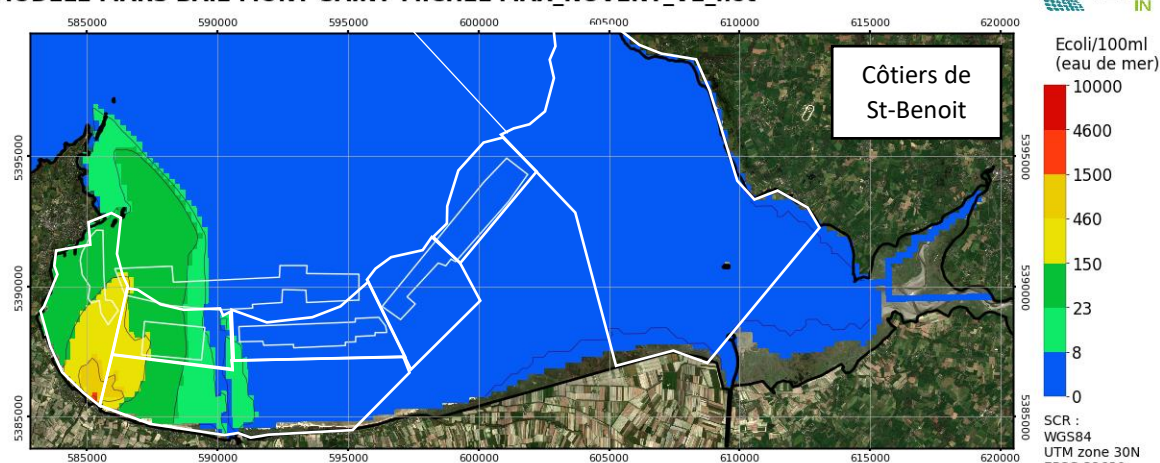
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_not



ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_not



ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

Dans le cas d'un traceur conservatif, on observe que les panaches de dispersion du flux venant de la Sélune et du Couesnon atteignent les parcs de la zone de Cancale (35.08). La concentration associée est toutefois largement diluée (150 à 500 fois moins qu'à l'exutoire des cours d'eau). Avec celui de la Sée, ils atteignent également la côte orientale de la Baie, de Champeaux à Vains. Ils peuvent donc impacter les gisements naturels de Champeaux (pêche à pied autorisée) et ceux de Saint-Jean-le-Thomas et Drqgey-Ronthon (pêche à pied interdite). Le panache de la Sée est moins étendu en raison de son débit plus faible mais il franchit tout de même le chenal des Côtiers du Vivier.

Comme précédemment, la zone Super Est (35.15) puis la zone des Hermelles (35.14) sont les 2 zones majoritairement sous l'influence des flux arrivant de l'ensemble Sée-Sélune-Couesnon.

Le panache « conservatif » des côtiers du Vivier impacte la quasi-totalité des zones de Cherrueix (35.13), Hirel (35.11), Cancale (35.07) et de Baie du Mont Saint Michel Rivage (35.06). Celui des côtiers de Saint-Benoit atteint quant à lui la côte cancalaise mais ne s'étend pas sur la zone de Cherrueix (35.13) et sur la partie Est de la zone du large (35.01)

Les résultats de ce scénario conservatif rappellent la nécessité de mener des actions à l'échelle de l'ensemble des cours d'eau de la Baie du Mont-Saint-Michel.

## 5. Les séries temporelles

Les 7 séries temporelles réalisées par ACRI-IN permettent de voir la variation de concentration potentielle dans les coquillages (concentration dans l'eau de mer x 30) pendant plusieurs cycles de marée et en différents points de la Baie.

Les chroniques sont présentées pour les niveaux marins et coefficients correspondant à la période allant du 2 au 15 janvier 2020. On notera que les autres données injectées et donc modélisées (vent, concentration en *E.coli* et débit) sont bien des données théoriques et non mesurées in situ. Les chroniques illustrent le scénario de crue hivernale sans vent.



Figure 5 : Localisation des points d'analyse temporelle de la concentration modélisée (Source : ACRI-IN)

Le point 1 se trouve dans la zone Super Est (35.15). Ce point n'est pas impacté par le panache issu des côtières de Saint-Benoit et du Vivier. Seuls les panaches de la Sée, de la Sélune et du Couesnon arrivent jusqu'à ce point.

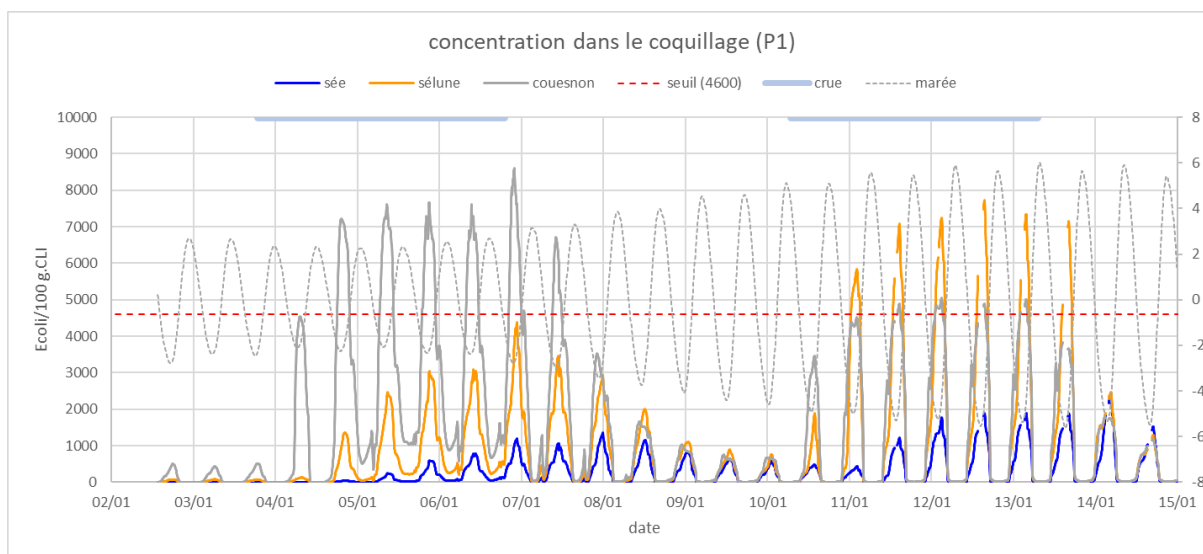


Figure 6 : Évolution de la concentration en *E.coli* dans les coquillages au point 1 (zone 35.15 : Super Est)

Remarque : un facteur d'enrichissement x30 (~huîtres) a été appliqué pour l'ensemble des séries temporelles afin d'appréhender la concentration en *E.coli* dans les coquillages. La zone 35.15 est essentiellement mytilicole. Les concentrations présentées ci-dessus sont donc surestimées (facteur 3).

« En morte-eau, la source de contamination dominante provient du Couesnon et peut atteindre 8000 *E.coli*/100gCLI. L'impact de la Sélune est deux fois moins important. En vive-eau, la Sélune a un impact plus fort que le Couesnon mais l'écart est moins important (environ 8000 contre 5000 *E.coli*/100gCLI. L'impact de la Sée est d'un ordre inférieur entre 1000 en morte-eau et 2000 *E.coli*/100gCLI en vive eau.

L'impact global est légèrement plus fort en Vive eau en raison d'une contribution quasi équivalente de la Sélune et du Couesnon, avec un maximum de 14 000 *E.coli*/100gCLI contre 13 000 *E.coli*/100gCLI en morte eau.

On note également que l'impact se stabilise quelques jours à de fortes valeurs en vive-eau. En morte-eau, la pollution met plus de temps à atteindre le point.

La durée d'exposition aux fortes concentrations est importante de l'ordre de 3 à 6 heures. »

Le point n°2 se trouve dans la zone des Hermelles (35.14), à l'extrémité Sud de la zone précédente. De la même manière, en période de crue hivernale et sans vent, elle n'est pas impactée par les rejets des côtiers de Saint-Benoit et du Vivier. L'influence de la Sée, la Sélune et le Couesnon est présentée ci-dessous.

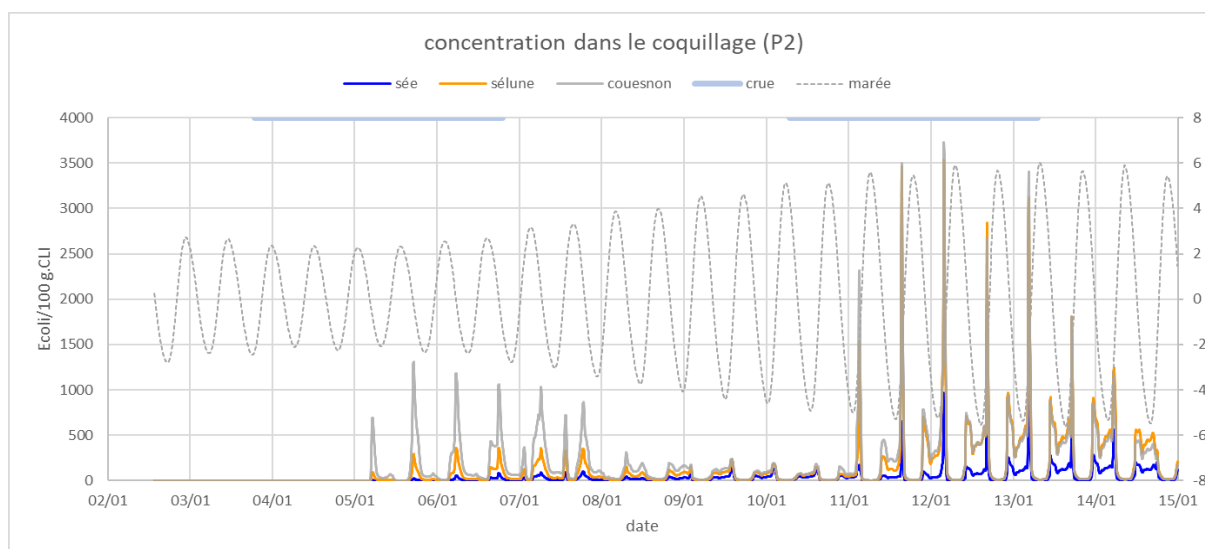


Figure 7 : Évolution de la concentration en *E.coli* dans les coquillages au point 2 (zone 35.14 : Les Hermelles)

« Le point P2 est peu impacté pendant la morte-eau, et seul le Couesnon provoque une concentration supérieure à 1000 *E.coli*/100gCLI.

Pendant la vive-eau, la Sélune et le Couesnon ont un impact équivalent, atteignant 3500 *E.coli*/100gCLI, ce qui cumulé fait dépasser le seuil de 4600. L'influence de la Sée est moindre, mais non négligeable.

Par contre, ces pics de pollutions sont atteints des fenêtres de temps très courtes au début de la période de flot. »

C'est dans la zone de Cherrueix (35.13) que se trouve le troisième point étudié. Dans la configuration de crue sans vent, il n'est influencé quasiment que par le panache des Côtiers du Vivier. On notera que la situation est différente uniquement pour un vent de Nord-est (rare), qui pousse les panaches dilués du Couesnon et de la Sélune jusqu'à ce point.

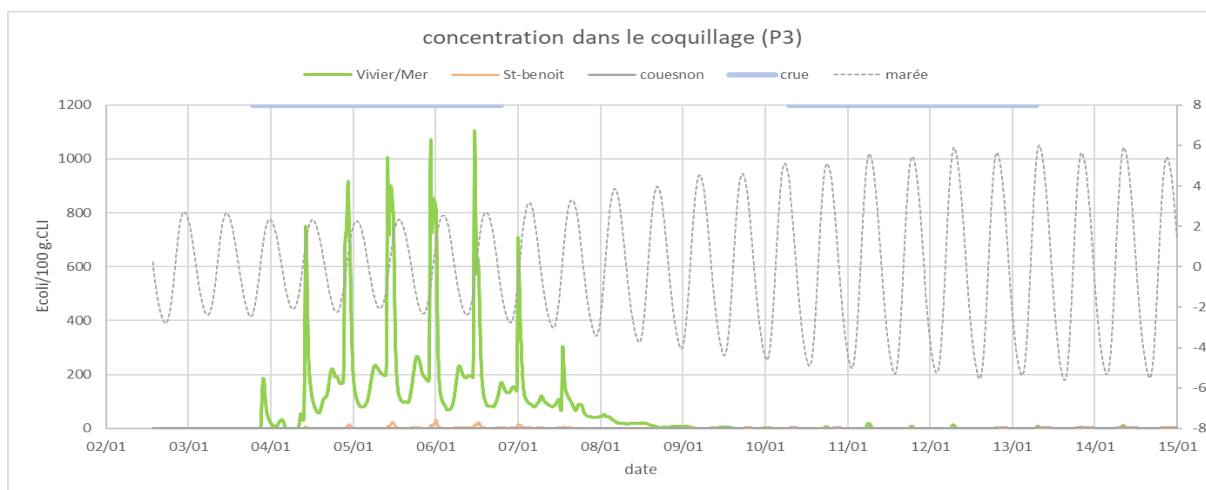


Figure 8 : Évolution de la concentration en *E.coli* dans les coquillages au point 3 (zone 35.13 : Cherrueix)

« Le point P3 n'est soumis qu'à l'influence du rejet de Vivier-sur-Mer, et uniquement pendant la morte-eau. A la vive-eau l'effet de dilution doit prédominer.

Cela étant, le pic atteint seulement 1000 *E.coli*/100gCLI et les durées d'exposition d'environ 2 heures. »

Le point n°4 se trouve au centre de la zone du Large (35.01). En l'absence de vent, l'impact est plus important en morte-eau qu'en vive-eau.

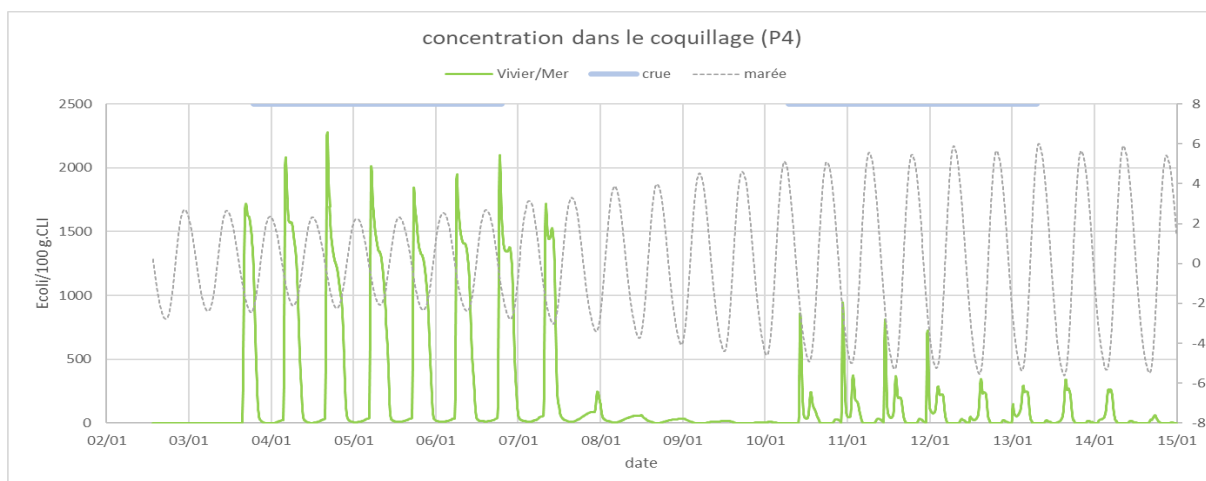


Figure 9 : Évolution de la concentration en *E.coli* dans les coquillages au point 4 (zone 35.01 : Le Large)

« Le point P4 situé au milieu des parcs et plus au large est impacté par le rejet du Vivier. Il est situé au droit du rejet, et par petits coefficients la pollution se dirige plus rapidement vers ce point. La valeur maximale est de 2000 *E.coli*/100gCLI, mais sur un laps [de temps] très court. On considère plutôt une « exposition » de 3-4 heures à une concentration de 1500 *E.coli*/100gCLI. »

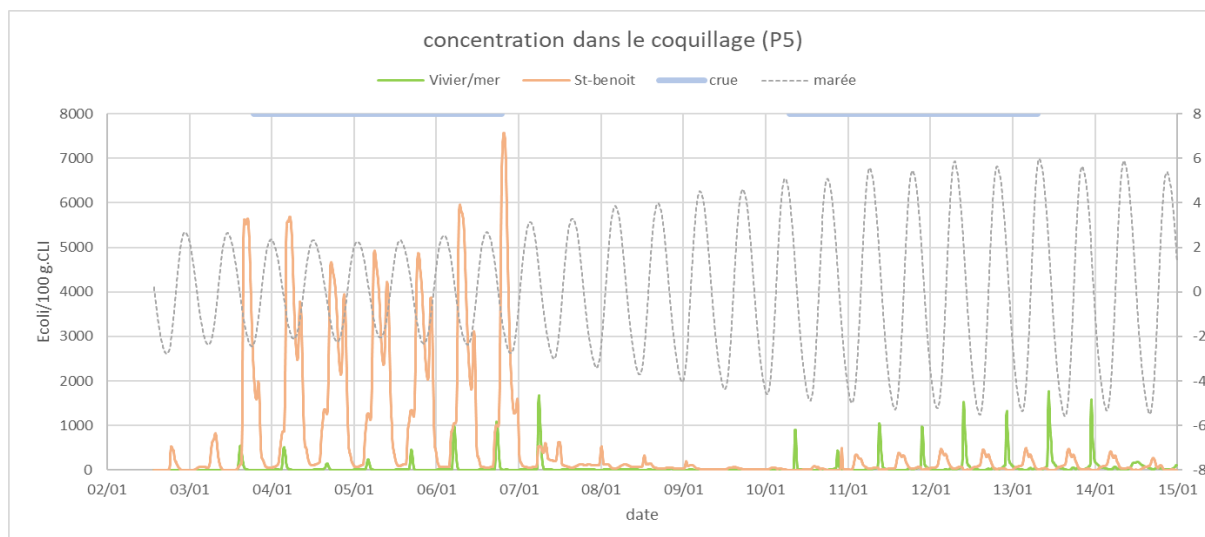


Figure 10 : Évolution de la concentration en *E.coli* dans les coquillages au point 5 (zone 35.11 : Hirel)

« Le point P5 [localisé dans la zone d'Hirel (35.11)] est soumis à l'influence du Saint Benoît uniquement pendant la morte-eau, atteignant des valeurs maximales au-delà de 5000 *E.coli*/100gCLI. La durée du pic est d'environ 2 heures, en fin de marée descendante.

L'influence du Vivier sur Mer très inférieure pendant la morte-eau, atteignant 1600 *E.coli*/100gCLI. Ses pics de contamination sont plus courts que pour Saint benoît. A la vive-eau, le pic atteint est du même ordre mais cette fois supérieur à l'impact de Saint Benoit qui ne dépasse 500 *E.coli*/100mgCLI. »

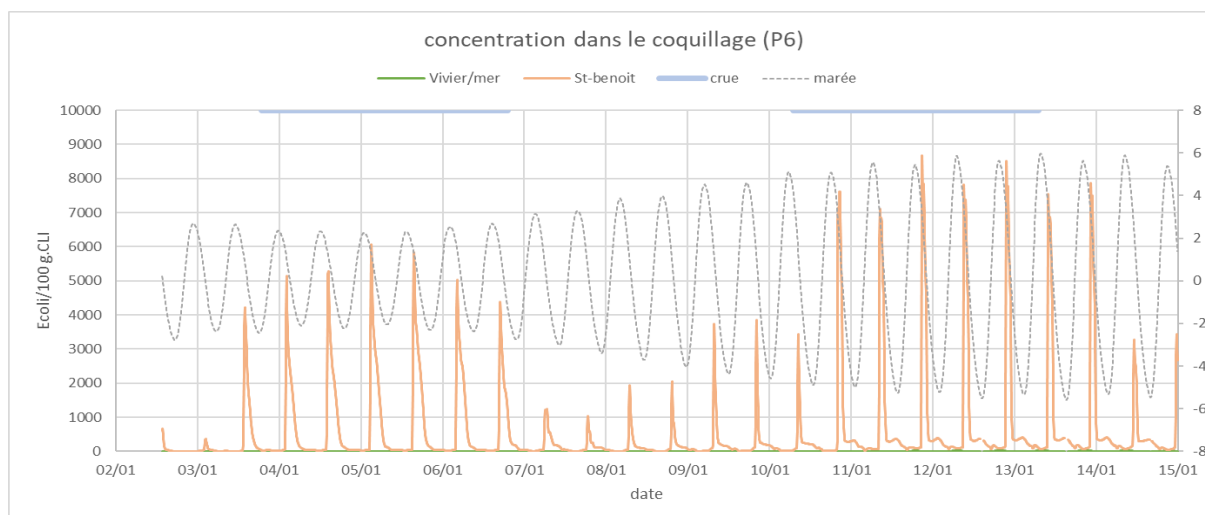


Figure 11 : Évolution de la concentration en *E.coli* dans les coquillages au point 6 (zone 35.07 : Cancale)

Le point n°6 se trouve dans la zone de Cancale (35.07). Dans cette configuration, il est uniquement sous l'influence des Côtiers de Saint-Benoît.

« L'impact du rejet de Saint Benoît est à peu près du même ordre en morte eau (6000 *E.coli*/100mgCLI) et en vive eau (8000 *E.coli*/100mgCLI). Ces valeurs maximales sont très éphémères et ont lieu au milieu du jusant. »

*Au vu des résultats du suivi REMI aux points « Cancale eaux profondes » et « Cancale Sud », le flux de crue hivernale des côtiers de Saint-Benoît semble surestimé.*



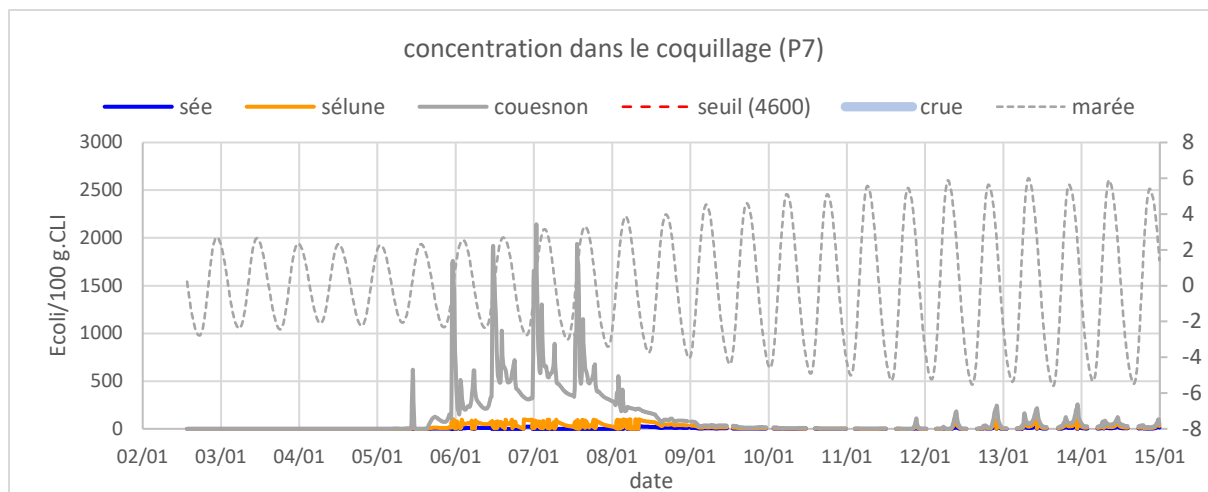


Figure 12 : Évolution de la concentration en E.coli dans les coquillages au point 7 (zone 50.24 : Baie du Mont-Saint-Michel Nord ; Champeaux Sol-Roc)

Il n'y a pas de concession professionnelle dans la zone 50.24 (Baie du Mont-Saint-Michel Nord). Néanmoins, la pêche à pied récréative y est pratiquée. Un point de série temporelle y a été ajouté (demande du CD50). Il se situe précisément au droit du point de suivi Champeaux – Sol Roc.

« [Parmi les émissaires modélisés] le Couesnon est l'unique contributeur à la pollution que l'on peut retrouver au point de Champeaux, principalement pendant la phase de flot et pendant la morte-eau. Le panache peut traverser la baie, car il est situé à l'extérieur de l'embouchure. A la marée montante, les panaches de la Sée et la Sélune remontent sur l'estran, tandis qu'une partie du panache du Couesnon peut être entraînée vers le nord. »

Pendant la vive-eau, les panaches sont entraînés vers le large et non bloqués près des côtes, comme cela peut être le cas en morte-eau. L'effet du Couesnon, de la Sée et de la Sélune n'est ainsi que très peu visible sur les coquillages de Champeaux en vive-eau. En morte-eau, les pics de contamination n'apparaissent que 2 jours après le début de l'injection du temps de pluie. Ce temps sera raccourci en cas de vent d'ouest, qui poussera plus rapidement le panache vers la côte normande.

Globalement, selon le point étudié, le fleuve considéré (distance), la période (morte ou vive-eau), l'effet de flux temps de pluie est visible au point de « suivi » directement ou après 1 à 4 cycles de marée.

Les concentrations dans l'eau diminuent généralement dès que le flux temps de pluie s'arrête mais elles ne redescendent jusqu'au niveau du bruit de fond qu'après 2-3 marées. Cependant, dans le cas du point 1 (dans la zone Super Est) la concentration dans l'eau n'est pas redescendue jusqu'au niveau du bruit de fond entre les 2 injections temps de pluie (morte eau/vive eau) laissant supposer qu'il y a plus d'inertie pour les grands fleuves et qu'une contamination peut y être visible plus longtemps. Ces résultats ne doivent toutefois pas être dissociés des hypothèses qui ont été retenues.

Il est rappelé que les flux des rejets côtiers avec faible débit (pluviaux de Cancale, le Lerre, la Claire-Douve, le ru du Moulin), n'ont pas été modélisés. Ils peuvent toutefois avoir un impact local (plage, pêche à pied). L'acquisition de données spécifiques (débit notamment) sera nécessaire pour modéliser leur impact.

## 6. Synthèse

Pour une vision plus précise de l'influence de chaque émissaire en fonction du scénario modélisé, l'impact est qualifié ci-dessous pour chaque zone de production individuellement. Les panaches de la Sée, de la Sélune et du Couesnon se superposent partiellement pour chaque scénario. Ils sont donc considérés ci-dessous comme un seul grand émissaire. On notera toutefois que l'impact de la Sée est toujours moins étendu que celui de la Sélune et du Couesnon en raison de son débit plus faible.

Tableau 5 : Conditions de débit et de climat pour lesquelles les différentes zones sont impactées, dans la limite des scénarii modélisés (une orientation générale du vent vers l'ouest englobe tous les vents du Nord-ouest au Sud-ouest et l'orientation Est intègre ici tous les vents du Nord-est au Sud-est)

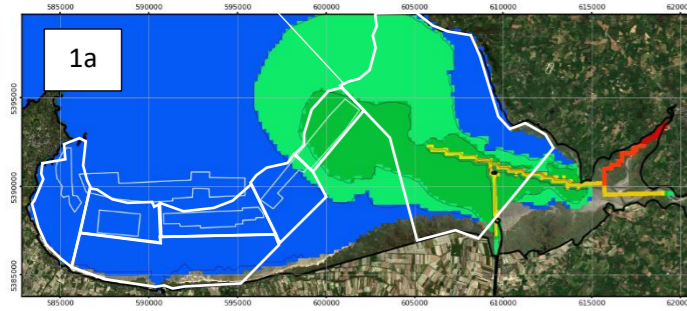
	Orientation du vent	Ensemble Sée – Sélune – Couesnon	Côtiers du Vivier	Côtiers de Saint-Benoît
35.15 Super Est	Nul/Faible	Crue hivernale et Orage estival	/	/
	Ouest			
	Est			
35.14 Les Hermelles	Nul/Faible	Crue hivernale	Crue hivernale	/
	Ouest	/	Crue hivernale	
	Est	Crue hivernale	/	
35.13 Cherrueix	Nul/Faible	/	Crue hivernale	Crue hivernale
	Ouest	/	Crue hivernale	Crue hivernale
	Est	Crue hivernale	/	/
35.11 Hirel	Nul/Faible	/	Crue hivernale	Crue hivernale (+ si morte-eau)
	Ouest		/	Crue hivernale
	Est		Crue hivernale	/
35.08 Stockage Cancale	Nul/Faible	/	/	/
	Ouest			/
	Est			Crue hivernale
35.07 Cancale	Nul/Faible	/	/	/
	Ouest			/
	Est			Crue hivernale
35.06 Baie du Mont-Saint-Michel Rivage	Nul/Faible	/	Crue hivernale (+ si morte-eau)	Crue hivernale (+ si morte-eau)
	Ouest	/	Crue hivernale, partie Est de la zone	Crue hivernale, ensemble de la zone
	Est	Crue hivernale, partie Est de la zone	Crue hivernale, partie Ouest de la zone	/
35.01 Le large	Nul/Faible	/	Crue hivernale (+ si morte-eau)	Crue hivernale (+ si morte-eau)
	Ouest	/	/	Crue hivernale, partie Est voire centre de la zone
	Est	Crue hivernale, partie Est du la zone	Crue hivernale, partie Ouest de la zone	/
50.24 Baie du Mont Nord (pêche à pied Champeaux et St Jean le Thomas)	Nul/Faible	Crue hivernale (+ si morte-eau)	/	/
	Ouest	Crue hivernale	/	/
	Est	/	/	/

Les résultats des différents scénarii modélisés alimenteront l'outil de vigilance environnemental basé sur le débit des cours d'eau et sur l'orientation du vent qui permettra d'alerter les professionnels des facteurs de risque environnementaux.

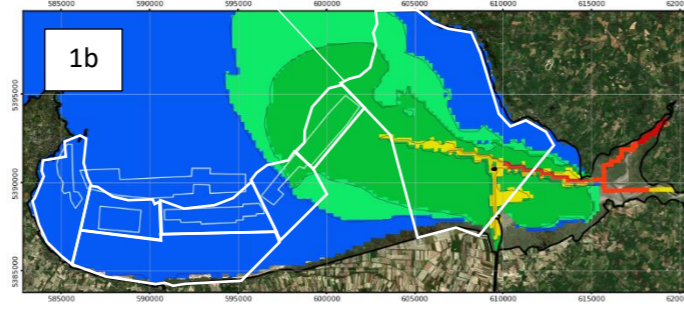
Pour plus de précisions : Résultat des modélisations, cours d'eau par cours d'eau



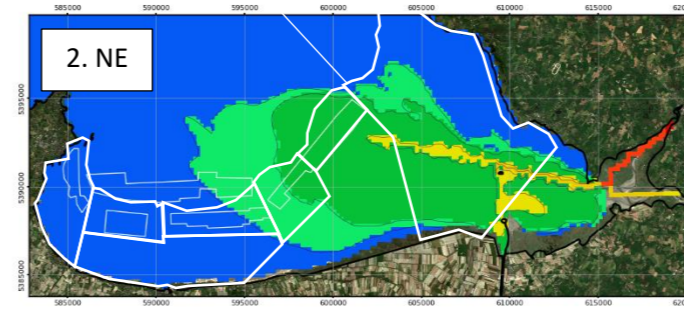
MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_ME\_3j\_2c\_stb



MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_3j\_2c\_stb

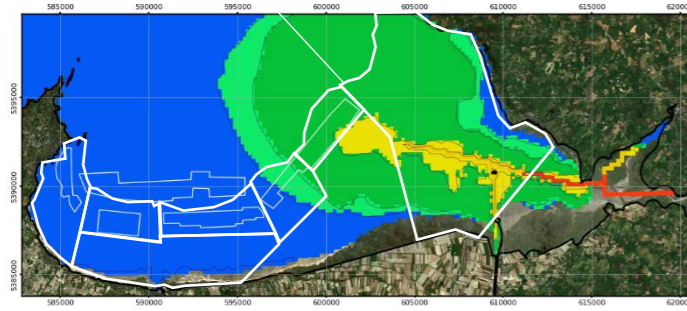


MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT45\_VE\_3j\_2c\_stb

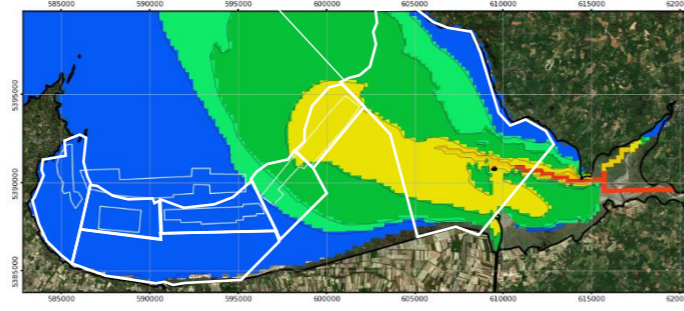


La Sée

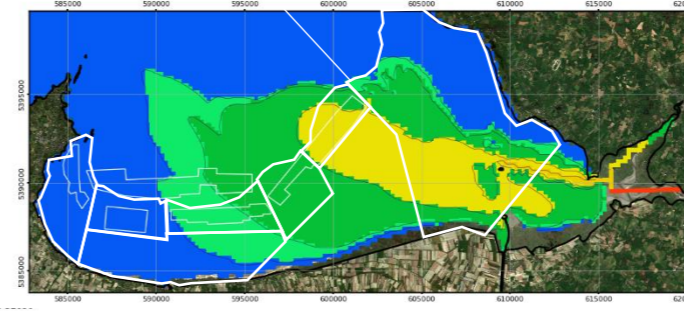
MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_ME\_3j\_2c\_stb



MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_3j\_2c\_stb

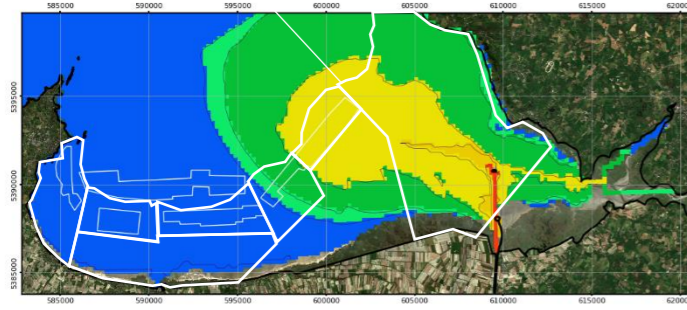


MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT45\_VE\_3j\_2c\_stb

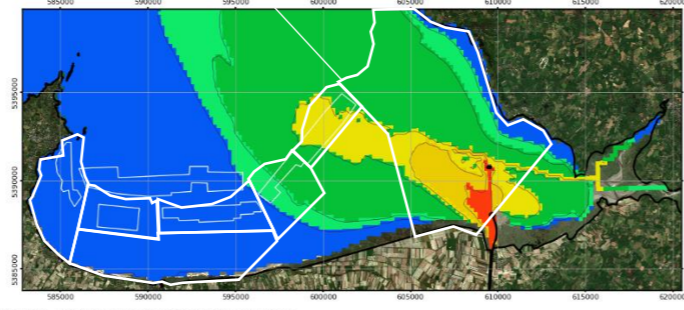


La Sélune

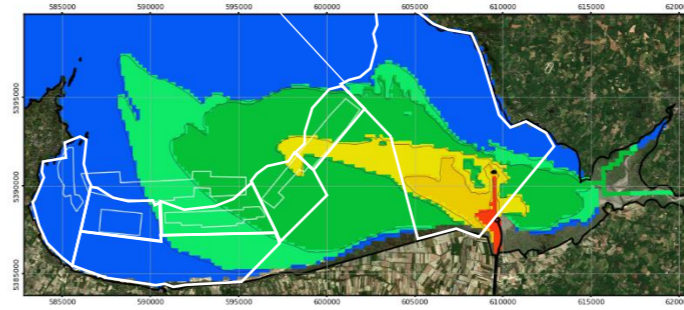
MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_ME\_3j\_2c\_stb



MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_3j\_2c\_stb

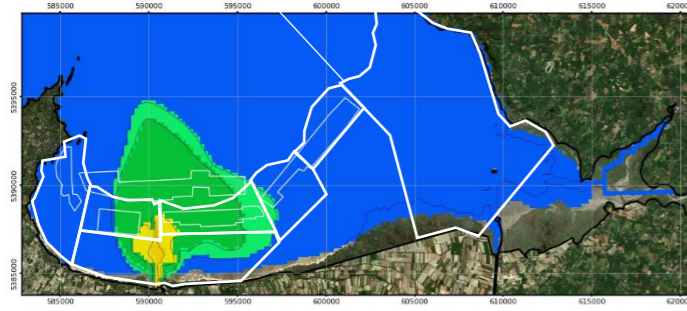


MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT45\_VE\_3j\_2c\_stb

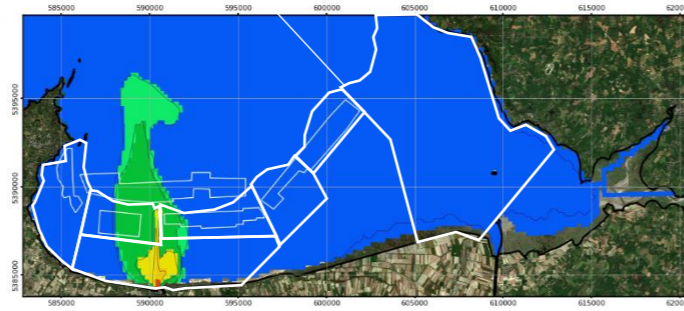


Le Couesnon

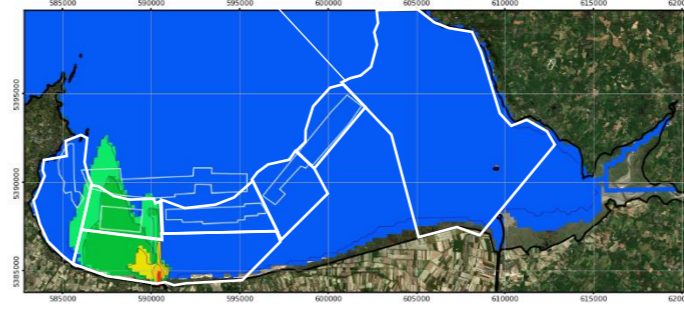
MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_ME\_3j\_2c\_stb



MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_3j\_2c\_stb

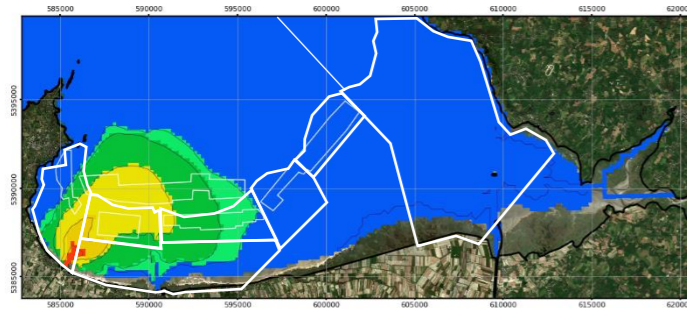


MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT45\_VE\_3j\_2c\_stb

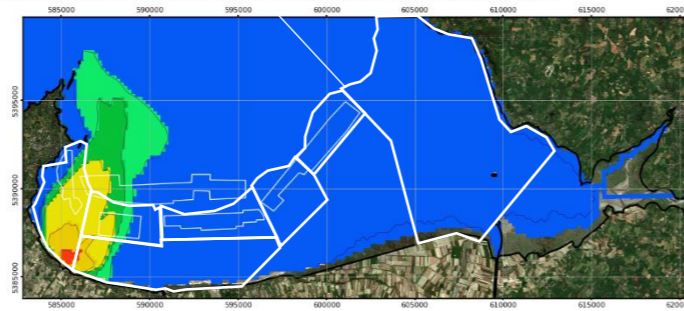


Les Côtiers du Vivier

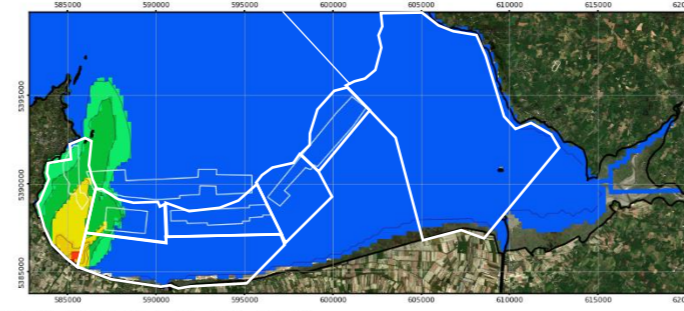
MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_ME\_3j\_2c\_stb



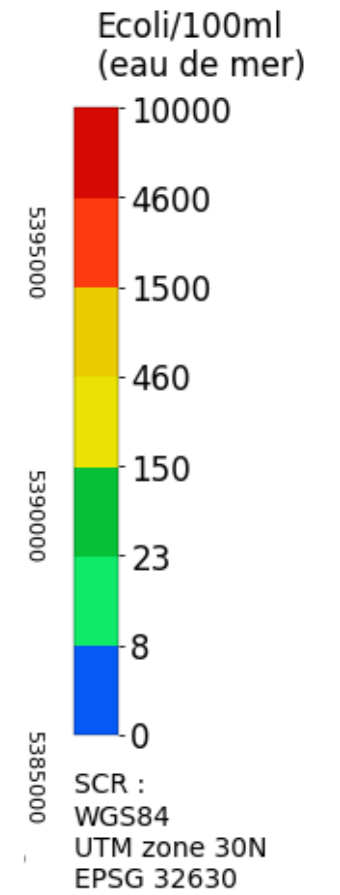
MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_3j\_2c\_stb



MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT45\_VE\_3j\_2c\_stb



Les Côtiers de St Benoît



00

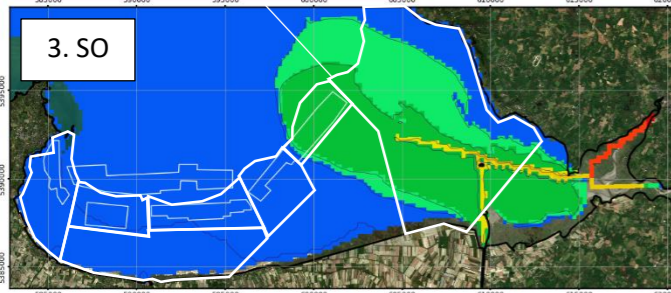
1a : Crue hivernale sous pluie, Mortes eaux, Vent nul

1b : Crue hivernale sous pluie, Vives eaux, Vent nul

2 : Crue hivernale sous pluie, Vives eaux, Vent de 9 m/s de Nord-est

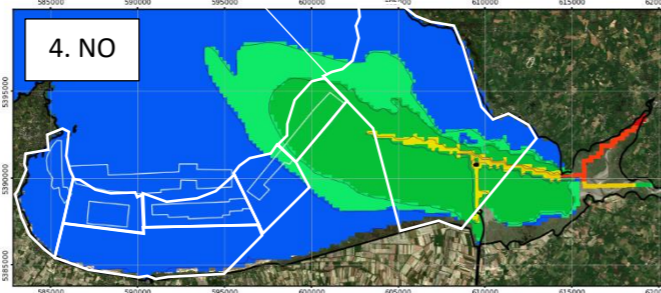
Profil de vulnérabilité des zones conchylicoles et de pêche à pied de la Baie du Mont-Saint-Michel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT225\_VE\_3j\_2c\_stb



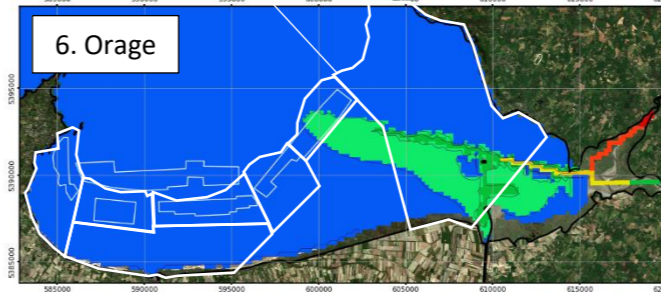
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT315\_VE\_3j\_2c\_stb



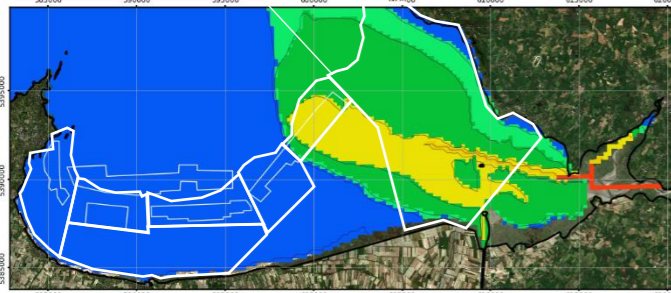
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_3j\_2c\_stb\_p24h



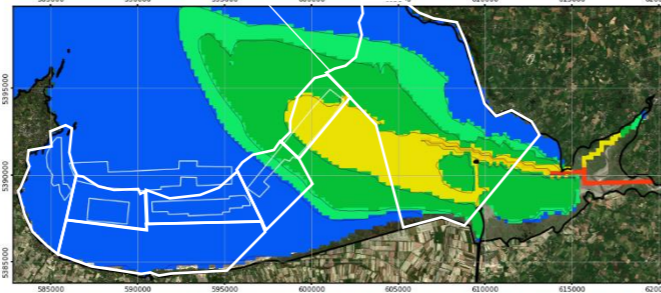
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT225\_VE\_3j\_2c\_stb



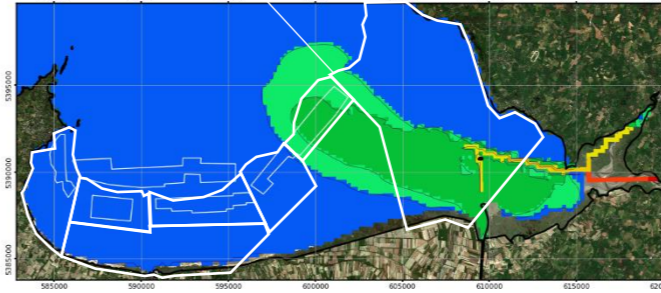
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT315\_VE\_3j\_2c\_stb



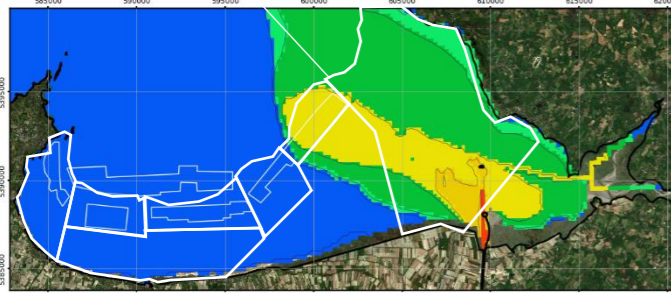
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_3j\_2c\_stb\_p24h



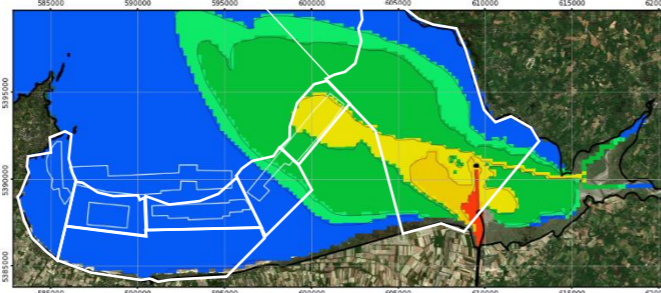
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT225\_VE\_3j\_2c\_stb



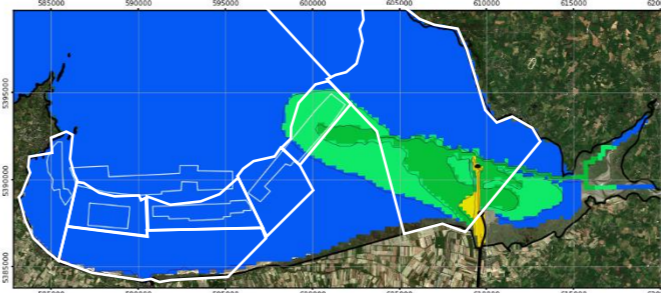
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT315\_VE\_3j\_2c\_stb



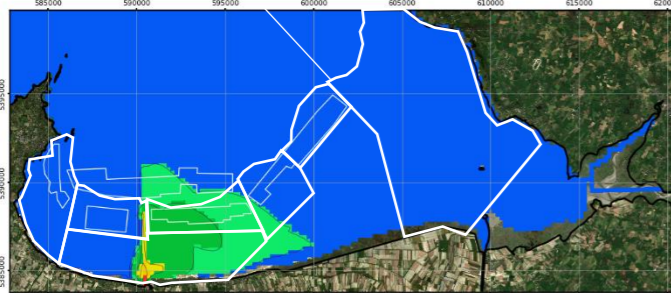
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_3j\_2c\_stb\_p24h



ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT225\_VE\_3j\_2c\_stb



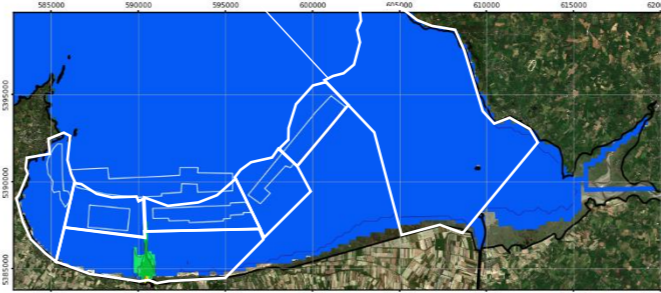
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT315\_VE\_3j\_2c\_stb



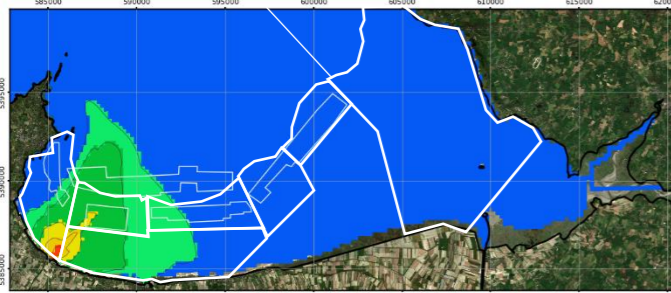
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_3j\_2c\_stb\_p24h



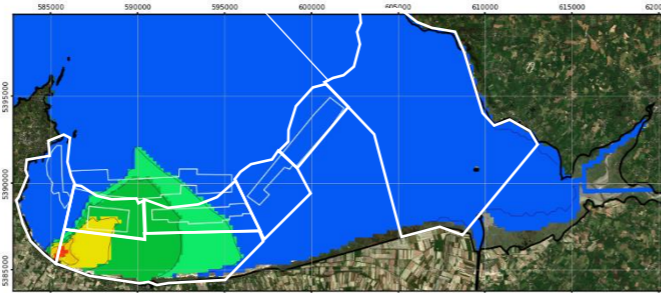
ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT225\_VE\_3j\_2c\_stb



ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_VENT315\_VE\_3j\_2c\_stb



ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel

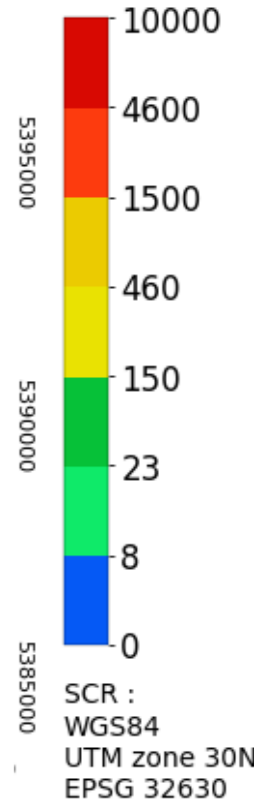
MODELE MARS BAIE MONT-SAINT-MICHEL MAX\_NOVENT\_VE\_3j\_2c\_stb\_p24h



ACRI-IN 2020 - A1829-ModelisationRiviereBaieMontStMichel



Ecoli/100ml  
(eau de mer)



La Sée

La Sélune

Le Couesnon

Les Côtiers du Vivier

Les Côtiers de St Benoît

3 : Crue hivernale sous pluie, Vives eaux, Vent de 9 m/s de Sud-ouest  
4 : Crue hivernale sous pluie, Vives eaux, Vent de 9 m/s de Nord-ouest  
6 : Orage estival, Vives eaux, Vent nul