

Développement d'un outil statistique d'aide à la définition de seuils d'alerte pluviométrique dans le cadre du réseau REMI



¹Ifremer, Service Valorisation de l'Information pour la Gestion Intégrée Et la Surveillance (VIGIES)

²Ifremer, Laboratoire Santé Environnement et Microbiologie (LSEM)

Mélanie Brun¹ • Jean-Côme Piquet² • Sophie Rocq²

Date : 10/01/2020

Fiche documentaire

Titre du rapport : Développement d'un outil statistique d'aide à la définition de seuils d'alerte pluviométrique dans le cadre du réseau REMI	
Diffusion : <input checked="" type="checkbox"/> libre (internet) <input type="checkbox"/> restreinte (intranet) – date de levée d'embargo : AAA/MM/JJ <input type="checkbox"/> interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ	Date de publication : 2020/01/10 Version : 1.0.0 Référence de l'illustration de couverture Ifremer / Littoral est Cotentin avant l'averse / 04/04/2019 Langue(s) : Français
Résumé : <p>Le milieu littoral est soumis à diverses sources de contamination microbiologique d'origine fécale. Le réseau de contrôle microbiologique (REMI) a pour but de surveiller les zones de production de coquillages exploitées par les professionnels, vis-à-vis de la présence de pathogènes d'origine fécale, sur la base de dénombrements dans les coquillages d'<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>). Le REMI est organisé en deux volets : la surveillance régulière et la surveillance en alerte. Dans le cadre de la surveillance en alerte, la pluviométrie est utilisée comme facteur indirect de risque de contamination. Dans une perspective d'optimisation du dispositif REMI, la présente étude a pour objectif de développer un outil statistique, basé sur une approche bayésienne, permettant de déterminer : (i) quels sont les lieux de surveillance REMI pour lesquels la contamination est sensible à la pluviométrie ; (ii) sur ces lieux sensibles, quelles seraient les probabilités d'une contamination supérieure aux seuils microbiologiques en fonction du seuil de pluviométrie choisi pour le lieu ; (iii) l'impact sur l'effort de surveillance en fonction du seuil de pluviométrie.</p> <p>A partir des données de pluviométrie journalière issues de 61 stations Météo France, neuf variables supplémentaires ont été calculées : les cumuls de pluie sur 24 heures pour les cinq jours précédents et les cumuls de pluie sur 48 à 120 heures, jusqu'à la veille. Chaque lieu de surveillance microbiologique a été associé à une ou deux station(s) météorologique(s) représentative(s) de la pluviométrie locale, puis l'effet de chacune de ces neuf variables sur la contamination microbiologique a été testé. Plusieurs périodes temporelles et plusieurs types de transformation des covariables pluviométriques (log vs racine carrée) ont été testés. Le meilleur modèle a ensuite été sélectionné au moyen de son coefficient de détermination. L'outil tel que proposé dans ce rapport permet notamment, pour chaque triplet {lieu de surveillance, station météorologique, taxon} d'estimer les probabilités de dépassement des seuils microbiologiques et fournit ainsi des éléments d'aide à la définition de seuils d'alerte pluviométrique.</p>	
Mots-clés : <i>Escherichia coli</i> ; Réseau de contrôle Microbiologique (REMI) ; pluviométrie ; statistiques bayésiennes.	
Comment citer ce document : Brun Mélanie, Piquet Jean-Côme, Rocq Sophie. 2020. Développement d'un outil statistique d'aide à la définition de seuils d'alerte pluviométrique dans le cadre du réseau REMI. 69p.	
DOI : REMI dataset : the French microbiological monitoring program of mollusc harvesting areas. SEANOE. http://doi.org/10.17882/47157	

Commanditaire du rapport : Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, direction générale de l'alimentation.	
Nom / référence du contrat :	
<input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif (réf. interne du rapport: ODE/VIGIES/20-01/)	
Auteur(s) / adresse mail	Direction, Service, laboratoire
Mélanie Brun / Melanie.Brun@ifremer.fr	Ifremer, ODE, VIGIES
Jean-Côme Piquet / Jean.Come.Piquet@ifremer.fr	Ifremer, RBE, SGMM, LSEM
Sophie Rocq / Sophie.Rocq@ifremer.fr	Ifremer, RBE, SGMM, LSEM
Destinataire : Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, direction générale de l'alimentation.	

Table des matières

1	Introduction	6
2	Matériel et méthodes	8
2.1	Données	8
2.2	Modélisation	10
2.3	Éléments d'aide à la définition de seuils d'alerte pluviométrique	12
3	Résultats	17
3.1	Résultats généraux et sélection de modèle	17
3.2	Exemple 1 : lieu de surveillance « Ambleteuse »	19
3.3	Exemple 2 : lieu de surveillance « Joalland (b) »	21
3.4	Exemple 3 : lieu de surveillance « Salses – Presqu'île »	24
4	Discussion	27
5	Conclusion	28
6	Références	29
7	Abréviations	30
8	Annexe : résultats généraux par zone	31
8.1	Zone 1 : de la frontière belge à Fécamp	31
8.2	Zone 2 : de Cabourg à Barfleur	33
8.3	Zone 3 : de Saint-Lô-d'Ourville à Granville	35
8.4	Zone 4 : de Champeaux à Saint-Quay-Portrieux	37
8.5	Zone 5 : de Plouezec à Penvenan	40
8.6	Zone 6 : de Perros-guirec à Crozon	42
8.7	Zone 7 : de Saint-Nic à Plouhinec	45
8.8	Zone 8 : de Plouhinic à Pornichet	48
8.9	Zone 9 : de Pornichet à Saint-Gilles-Croix-de-Vie	52
8.10	Zone 10 : de Brem-sur-mer à Angoulins	54
8.11	Zone 11 : de Châtelailon-plage à Royan	56
8.12	Zone 12 : le bassin d'Arcachon	58
8.13	Zone 13 : lac d'Hossegor	60
8.14	Zone 14 : de Argelès-sur-mer à Agde	62
8.15	Zone 15 : de Agde au Grau-du-roi	64
8.16	Zone 16 : des Saintes-Maries-de-la-mer à Fos-sur-mer	66
8.17	Zones 17 et 18 : la Seyne-sur-mer et étangs de Diane et d'Urbino	68

1 Introduction

Le milieu littoral est soumis à diverses sources de contamination microbiologique d'origine fécale (Figure 1). Les bactéries et virus présents dans l'eau se retrouvent alors dans les coquillages et peuvent constituer un risque pour l'homme lors de la consommation de ces derniers. Le réseau de contrôle microbiologique (REMI ; Ifremer 2008a), créé en 1989, a pour but de surveiller les zones de production de coquillages exploitées par les professionnels, vis-à-vis de la présence de pathogènes d'origine fécale. La surveillance est réalisée sur la base de dénombrements dans les coquillages d'*Escherichia coli* (*E. coli*), qui est une bactérie commune du tube digestif et qui est utilisée comme indicateur du risque de contamination par les pathogènes bactériens d'origine fécale. Le REMI est mis en œuvre par les services de l'État et l'Ifremer apporte un appui scientifique à l'État pour cette surveillance à travers une assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) qui comprend :

- un appui à l'élaboration du dispositif chargé de répondre à la réglementation et à ses évolutions ;
- un soutien au maître d'ouvrage pour l'accompagnement des opérateurs chargés des prélèvements et des analyses ;
- la gestion des données et leur interprétation.

Dans le cadre de cette AMO, l'Ifremer assure la coordination nationale du REMI par l'intermédiaire de son Laboratoire santé environnement et microbiologie (LSEM).



Figure 1. Les sources de contamination microbiologique fécale (source : <http://envlit.ifremer.fr>)

Le REMI est organisé en deux volets : la surveillance régulière et la surveillance en alerte (Ifremer, 2008b). La surveillance régulière consiste en la mise en œuvre d'un échantillonnage mensuel, bimestriel ou adapté aux périodes d'exploitations saisonnières. Les lieux de prélèvement sont représentatifs d'un ou plusieurs sites d'exploitation au sein d'une zone de production classée par arrêté préfectoral. Ces lieux doivent être localisés sur des sites exploités professionnellement et représenter le plus fort risque de contamination dans le périmètre de la zone classée. Les résultats obtenus permettent d'estimer la qualité microbiologique de la zone et l'évolution temporelle de la contamination. La surveillance en alerte permet de détecter des risques de contamination ou de suivre des épisodes inhabituels de contamination. Elle est composée de trois niveaux d'alerte : niveau 0 - risque de

contamination ; niveau 1 - contamination détectée ; niveau 2 - contamination persistante ou avérée. Les administrations sont immédiatement prévenues afin qu'elles puissent mettre en place des mesures adaptées pour la protection des consommateurs. Dans le cadre de la surveillance en alerte, la pluviométrie est utilisée comme facteur indirect de risque de contamination (par exemple risque accru de dysfonctionnement des réseaux d'eaux usées, facteur de transfert de la contamination à l'échelle du bassin versant). Des alertes sont déclenchées en cas de pluviométrie élevée observée sur les stations Météo-France représentatives des zones de production. Les seuils de pluviométrie à l'origine des déclenchements d'alerte préventive (niveau 0) étaient jusqu'à présent basés sur les connaissances locales, acquises notamment dans le cadre d'études permettant d'évaluer l'impact des précipitations sur la concentration en *E. coli* dans les coquillages.

Malgré une efficacité supérieure du dispositif d'alerte, par rapport à la surveillance régulière, en ce qui concerne la détection des épisodes de contamination inhabituels, les alertes déclenchées sur la base de la pluviométrie présentent des difficultés :

- les connaissances locales relatives aux liens entre pluviométrie et contamination des zones conchylicoles sont hétérogènes ;
- par conséquent, les pratiques locales concernant les déclenchements d'alertes sont également hétérogènes ;
- en tant que facteur indirect, le taux d'alertes pluviométriques déclenchées et confirmées est très variable selon les sites ;
- l'effort de surveillance lié à ces alertes pluviométriques peut représenter un coût important.

La gestion des eaux de baignade et des zones de production conchylicole vis-à-vis de la pollution microbienne est une problématique partagée au niveau international et des outils d'aide à la gestion ont été proposés. Stidson *et al.* (2012) ont développé un outil de prédiction en temps réel de la qualité des eaux de baignade en Ecosse. Cet outil fut tout d'abord basé sur un tableur permettant, pour chaque site, de tester différents seuils pluviométriques et de débit des fleuves afin d'obtenir les performances de ces seuils en nombre de faux positifs, faux négatifs, vrais positifs et vrais négatifs. Cet outil a ensuite fait place à un outil plus complexe, mais répondant mieux aux exigences d'une nouvelle directive, basé sur le principe des arbres de décision, afin d'illustrer les relations entre la pluie, ou le débit des fleuves, et les performances de prévisions. Aux Etats-Unis, Frick *et al.* (2008) ont développé un logiciel, appelé « the Virtual Beach tool » et à destination des gestionnaires (US EPA, 2019), permettant de construire des modèles prédictifs des concentrations en bactéries d'origine fécale sur les plages à partir de variables reflétant les conditions environnementales (par exemple pluviométrie, turbidité, hauteur des vagues). Dans leur étude de 2008, Frick *et al.* utilisent cet outil pour ajuster un modèle de régression linéaire multiple sur des données d'*Escherichia coli* en fonction de plusieurs variables environnementales. Dans leur étude, comme dans celles citées dans leur papier, la méthode d'ajustement utilisée est celle des moindres carrés qui permet d'obtenir une estimation ponctuelle des paramètres et de leur incertitude, au travers de l'intervalle de confiance, à partir des données observées.

L'approche statistique Bayésienne (Gelman *et al.*, 2004 ; Korner-Nievergelt *et al.*, 2015) considère les grandeurs inconnues du modèle en tant que variables aléatoires en leur assignant une distribution de probabilité. La distribution de probabilité finale obtenue, appelée posterior, combine la connaissance *a priori* sur les paramètres du modèle et la vraisemblance apportée par les données. Le posterior reflète la probabilité des différentes valeurs des paramètres conditionnellement aux données observées et reflète donc l'incertitude des paramètres. Cette approche est un outil intéressant dans une optique d'aide à la décision et est aujourd'hui communément utilisée pour l'étude des processus écologiques (Korner-Nievergelt *et al.*, 2015).

Dans une perspective d'optimisation du dispositif REMI, la présente étude a pour objectif de développer un outil statistique d'aide à la décision permettant de déterminer : (i) quels sont les lieux de surveillance REMI pour lesquels la contamination est sensible à la pluviométrie ; (ii) sur ces lieux sensibles, quelles seraient les probabilités d'une contamination supérieure aux seuils microbiologiques en fonction du seuil de pluviométrie choisi pour le lieu ; (iii) l'impact sur l'effort de surveillance en fonction du seuil de pluviométrie. L'approche proposée pour le développement de cet outil est l'utilisation d'un modèle de régression linéaire dans un cadre Bayésien.

2 Matériel et méthodes

2.1 Données

Les données microbiologiques ont été extraites de la base de données Quadrige¹ le 09/07/2019. Elles concernent les dénombrements des *Escherichia coli* dans 100 g de chair de coquillage et de liquide intervalvaire (CLI), obtenus entre le 01/01/2004 et le 31/12/2018. Seules les données ayant été validées par le producteur de la donnée et n'ayant pas été qualifiées de douteuses ou fausses ont été conservées. Les données concernent les taxons présentés dans la Table 1. Parmi ces taxons, certains regroupements ont été effectués lorsqu'ils étaient présents sur un même lieu de surveillance car ils ont été considérés équivalents du point de vue de l'accumulation en *E. coli*. Il s'agit d'une part des trois taxons *Tapes* (genre), *Ruditapes decussatus* (espèce) et *Ruditapes philippinarum* (espèce) ; et d'autre part des trois taxons *Mytilus* (genre), *Mytilus edulis* (espèce) et *Mytilus galloprovincialis* (espèce). Ainsi, lorsque sur un même lieu de surveillance deux ou trois de ces taxons sont présents, ils sont considérés comme appartenant au même taxon « *Tapes* » ou « *Mytilus* » et les données forment donc une même série temporelle.

Table 1. Taxons présents dans les données de la surveillance microbiologique du littoral, entre 2004 et 2018.

Nom scientifique	Nom commun
<i>Callista chione</i>	Vernis
<i>Cerastoderma edule</i>	Coque commune
<i>Crassostrea gigas</i>	Huître creuse
<i>Crepidula fornicata</i>	Crépidule
<i>Donax trunculus</i>	Donace, filon ou olive de mer
<i>Glycymeris glycymeris</i>	Amande
<i>Mytilus</i>	Moule
<i>Mytilus edulis</i>	Moule commune
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Moule méditerranéenne
<i>Ostrea edulis</i>	Huître plate
<i>Paracentrotus lividus</i>	Oursin violet
<i>Polititapes rhomboides</i>	Palourde rose
<i>Ruditapes decussatus</i>	Palourde européenne
<i>Ruditapes philippinarum</i>	Palourde japonaise
<i>Tapes</i>	Palourde
<i>Spisula solida</i>	Spisule solide
<i>Venus verrucosa</i>	Praire

¹ http://envlit.ifremer.fr/resultats/base_de_donnees_quadrige/presentation

Les données des 61 stations météorologiques (Figure 2) ont été téléchargées à partir du site internet de Météo France² le 19/02/2019. Elles correspondent aux données de pluviométrie journalière enregistrées entre le 01/01/2004 et le 31/12/2018. A partir de ces données, neuf variables supplémentaires ont été calculées : les cumuls de pluie sur 24 heures pour les cinq jours précédents (cf. P_{j-1} à P_{j-5} , Table 2) et les cumuls de pluie sur 48 à 120 heures, jusqu'à la veille (cf. C_{48} à C_{120} , Table 2). Ces variables représentent la pluviométrie sur différentes durées cumulées ou non, elles permettent ainsi de représenter différentes typologies de temps de transferts de la contamination sur les bassins versants ou de réaction des réseaux d'assainissement à la pluviométrie.

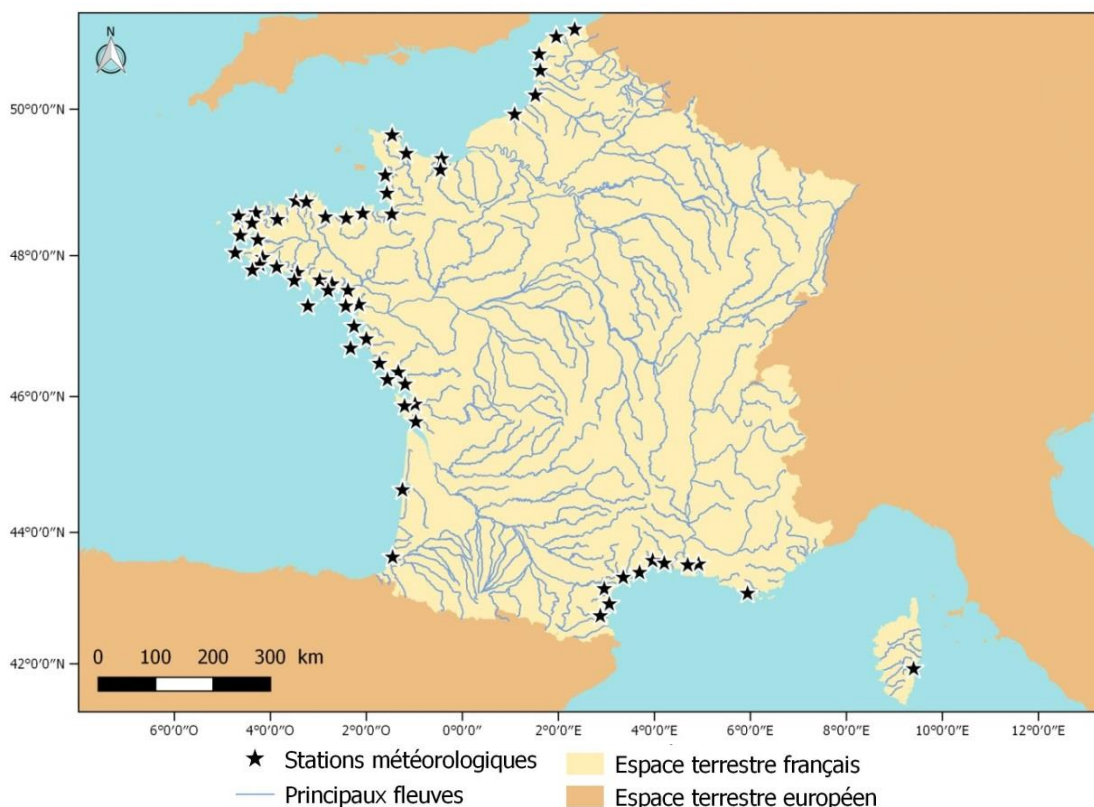


Figure 2. Localisation des 61 stations météorologiques de Météo France. Source des données et fonds de carte : Ifremer, Météo France, Sandre. Système de coordonnées : Pseudo Mercator (epsg 3857).

Table 2. Variables dérivées des données de pluviométrie journalière (P_j). P_{j-1} à P_{j-5} : cumuls sur 24 heures pour les cinq jours précédents ; C_{48} à C_{120} : cumuls sur 48 à 120 heures, jusqu'à la veille.

Date	P_j	P_{j-1}	P_{j-2}	P_{j-3}	P_{j-4}	P_{j-5}	C_{48}	C_{72}	C_{96}	C_{120}
01/01/04	P_1									
02/01/04	P_2	P_1								
03/01/04	P_3	P_2	P_1				P_1+P_2			
04/01/04	P_4	P_3	P_2	P_1			P_2+P_3	$P_1+P_2+P_3$		
05/01/04	P_5	P_4	P_3	P_2	P_1		P_3+P_4	$P_2+P_3+P_4$	$P_1+P_2+P_3+P_4$	
06/01/04	P_6	P_5	P_4	P_3	P_2	P_1	P_4+P_5	$P_3+P_4+P_5$	$P_2+P_3+P_4+P_5$	$P_1+P_2+P_3+P_4+P_5$
.
31/12/18 ($k = 5479$)	P_k	P_{k-1}	P_{k-2}	P_{k-3}	P_{k-4}	P_{k-5}	$P_{k-2}+P_{k-1}$	$P_{k-3}+P_{k-2}+P_{k-1}$	$P_{k-4}+P_{k-3}+P_{k-2}+P_{k-1}$	$P_{k-5}+P_{k-4}+P_{k-3}+P_{k-2}+P_{k-1}$

² <https://publitheque.meteo.fr/okapi/accueil/okapiWebPubli/index.jsp>

Chaque lieu de surveillance REMI a été associé à une station météorologique représentative à dire d'expert et pour laquelle la donnée est disponible au jour J+1 (stations météorologiques de type 0, 1 ou 2), ce qui est important dans l'objectif de déclenchements d'alertes. Pour 53 lieux cette représentativité n'était pas évidente, en conséquence, deux stations météorologiques ont été attribuées à chacun de ces lieux afin de sélectionner la plus représentative sur la base des résultats des modèles. Ces associations entre lieux REMI et stations météorologiques pourront si nécessaire être mises à jour ultérieurement.

2.2 Modélisation

Les données et les covariables sont représentées par des lettres majuscules alors que les quantités non observées sont représentées par des minuscules. La distribution de probabilité de a conditionnellement à b est notée $a|b \sim \text{distribution}(b)$.

Les données de concentration en *E. coli* sont communément log-transformées (Frick *et al.*, 2008 ; Stidson *et al.*, 2012), afin notamment de respecter les conditions de normalité. Ainsi, le logarithme de la concentration en *E. coli*/100 g CLI dans l'échantillon i est considéré être distribué selon une loi normale, de moyenne μ et de variance σ^2 :

$$\ln(EC_i) | \mu, \sigma \sim \text{Normal}(\mu, \sigma^2) \quad (1)$$

A l'image de ce qui a été fait dans l'article de Frick *et al.* (2008), un modèle linéaire est utilisé pour décrire la concentration en *E. coli* en fonction de la pluviométrie. Pour utiliser ce modèle, une relation linéaire doit exister entre les deux variables. Afin de répondre à cette hypothèse, les covariables pluviométriques ont également été transformées. Deux transformations ont été testées : la transformation logarithme (équation 2a) et la transformation racine carrée (équation 2b, telle que suggérée par Frick *et al.*, 2008).

$$\mu = \mu_0 + \alpha \times \ln(X_i + 1) \quad (2a)$$

$$\mu = \mu_0 + \alpha \times \sqrt{X_i} \quad (2b)$$

X_i correspond à la valeur pour l'échantillon i de la covariable pluviométrique testée (Table 2), μ_0 correspond à la moyenne du logarithme de la concentration en *E. coli*/100 g CLI en absence de pluie (c.-à-d. quand $X_i = 0$) et α représente l'effet de la covariable sur la concentration en *E. coli*. Ainsi, pour chacune des neuf covariables (Table 2), deux modèles sont testés, ce qui représente 18 modèles par triplet {lieu de surveillance, station météorologique, taxon}.

Chaque modèle est donc composé d'un ensemble de trois paramètres $\{\sigma, \mu_0 \text{ et } \alpha\}$, d'une variable latente $\{\mu\}$, d'un ensemble d'observations $\{EC_i\}$ et d'un ensemble de valeurs de covariables $\{X_i\}$. Les paramètres σ, μ_0 et α ne sont conditionnés par aucune autre quantité, c'est-à-dire qu'ils ne dépendent d'aucune autre variable dans le modèle. Dans un cadre bayésien, des distributions de probabilité *a priori* doivent être attribuées à ces grandeurs. Des distributions peu informatives, c.-à-d. des distributions relativement planes, sont utilisées afin que les distributions *a posteriori* reflètent principalement l'information apportée par les données. Le paramètre σ représente la variabilité du processus écologique sous-jacent. Une distribution uniforme entre 0 et 10 est assignée à ce paramètre (équation 3). Une valeur nulle du paramètre α correspond à aucun effet de la covariable sur la concentration en *E. coli*. *A priori*, une loi normale de moyenne 0 et de grande variance est donc assignée à ce paramètre (équation 4). Enfin, selon les lieux de surveillance et les taxons considérés, la concentration en *E. coli* en l'absence de pluie peut être très différente. Une loi normale de moyenne 0

et de grande variance est attribuée au paramètre μ_0 afin de laisser les données influencer ce paramètre (équation 5).

$$\sigma \sim \text{Uniforme}(0,10) \quad (3)$$

$$\alpha \sim \text{Normal}(0,100) \quad (4)$$

$$\mu_0 \sim \text{Normal}(0,100) \quad (5)$$

Lorsque les concentrations en *E. coli* sont faibles, elles peuvent être difficiles à analyser en laboratoire. Dans ces cas-là, il est fait référence à la notion de limite de quantification (LQ), c.-à-d. limite en dessous de laquelle il n'est pas possible de quantifier de manière fiable la concentration. Cette limite dépend de la méthode employée. La connaissance apportée alors par la donnée ne correspond plus à une valeur mais plutôt à un intervalle : la concentration est comprise en 0 et la LQ. Classiquement, lors du traitement de la donnée, cet intervalle est substitué par une valeur arbitraire, correspondant à 0, LQ/2 ou LQ. Dans un cadre bayésien, les valeurs manquantes peuvent être estimées au même titre que les autres paramètres du modèle. Ainsi, dans la présente étude et pour les valeurs inférieures à la LQ, la concentration en *E. coli* dans l'échantillon est estimée grâce à l'équation 1, à laquelle une troncature a été ajoutée pour prendre en considération le fait que la valeur ne peut pas être supérieure à la LQ.

Chaque modèle a été ajusté sur l'ensemble du jeu de données, c.-à-d. de 2004 à 2018, pour tirer profit de l'ensemble des données disponibles, ainsi que sur une période plus restreinte correspondant aux 6 dernières années ou plus de manière à avoir au moins 30 mesures. Ces deux périodes vont permettre de tester si les modèles donnent de meilleurs résultats avec un nombre plus important de données ou avec une période d'antériorité plus courte et donc reflétant mieux les relations récentes entre la pluviométrie et la contamination microbologique.

A partir des résultats du modèle, le coefficient de corrélation (CC) est estimé et utilisé comme indicateur de la qualité d'ajustement du modèle. La relation entre la concentration en *E. coli* et la covariable testée est considérée comme significative si la valeur 0 n'est pas comprise dans l'intervalle de crédibilité Bayésien (ICB) à 95 % du paramètre α , intervalle indiquant une probabilité de 0.95 que la valeur du paramètre α soit comprise entre ses bornes. Les probabilités de dépassement des seuils microbiologiques de 700 et 4 600 *E. coli*/100 g CLI sont estimées et utilisées comme éléments d'aide à la définition des seuils d'alerte pluviométrique. Le seuil de 700 *E. coli*/100 g CLI correspond à la valeur impérative à ne pas dépasser pour un classement A et le seuil de 4 600 *E. coli*/100 g CLI correspond au seuil de déclenchement d'une surveillance renforcée pour les zones classées B.

Enfin, à partir des données, le nombre moyen de sorties par an (pour vérifier si les coquillages sont effectivement contaminés) ainsi que les pourcentages de faux positifs et faux négatifs sont calculés pour les différentes valeurs de pluviométrie. Les faux positifs correspondent à des sorties pour lesquelles la contamination ne serait pas confirmée, les faux négatifs correspondent à des sorties non réalisées pour lesquelles une contamination aurait été détectée si les sorties avaient eu lieu.

L'ensemble du traitement de données, de la préparation des jeux de données jusqu'à l'inférence bayésienne, a été réalisé sous R[®] (version 3.2.5). Les inférences bayésiennes ont été réalisées au moyen d'un échantillonnage par la méthode de Monte-Carlo par chaînes de Markov (MCMC ; Gelman *et al.*, 2004), et plus particulièrement par le Monte Carlo Hamiltonien implémenté à l'aide du package rstan (version 2.15.1 ; Carpenter *et al.*, 2017). Pour chaque modèle, trois chaînes de 2 000 itérations chacune ont été réalisées et la deuxième moitié de chaque chaîne a été utilisée pour obtenir les distributions *a posteriori* des paramètres.

A retenir

- Neuf covariables ont été calculées à partir des données de pluviométrie journalière pour les 61 stations météorologiques retenues dans l'étude : les cumuls de pluie sur 24 heures pour les cinq jours précédents (cf. P_{j-1} à P_{j-5} , Table 2) et les cumuls de pluie sur 48 à 120 heures, jusqu'à la veille (cf. C_{48} à C_{120} , Table 2).
- Chaque lieu de surveillance microbiologique a été associé à une ou deux station(s) météorologique(s) représentative(s) de la pluviométrie locale.
- Pour chaque triplet {lieu de surveillance, station météorologique, taxon}, 36 modèles de régression linéaire sont testés. Ils diffèrent par :
 - la durée de la période considérée (2004-2018 vs 6 dernières années ou plus de manière à avoir au minimum 30 valeurs),
 - la covariable pluviométrique testée,
 - la transformation appliquée à la covariable (logarithmique ou racine carré).
- L'approche statistique Bayésienne permet d'estimer les distributions de probabilité de l'ensemble des paramètres du modèle.
- L'intervalle de crédibilité Bayésien (ICB) à 95 % indique une probabilité de 0.95 que la valeur du paramètre soit comprise entre ses bornes.
- Le coefficient de corrélation (CC) est estimé pour chaque modèle et utilisé comme critère de qualité d'ajustement du modèle.
- La relation entre la concentration en *E. coli* et la covariable testée est considérée comme significative si la valeur 0 n'est pas comprise dans l'ICB à 95 % du paramètre α .
- Les probabilités de dépassement des seuils microbiologiques de 700 et 4 600 *E. coli*/100 g CLI en fonction de la pluviométrie sont estimées à partir des résultats du modèle et le nombre moyen de sorties par année ainsi que les pourcentages de faux positifs et faux négatifs sont calculés à partir des données. Les faux positifs correspondent à des sorties pour lesquelles la contamination ne serait pas confirmée, les faux négatifs correspondent à des sorties non réalisées pour lesquelles une contamination aurait été détectée si les sorties avaient eu lieu. Ces grandeurs sont utilisées comme éléments d'aide à la définition de seuils d'alerte pluviométrique.

2.3 Éléments d'aide à la définition de seuils d'alerte pluviométrique

La section « Résultats » présente les principales conclusions sur la sélection de modèle ainsi que trois exemples de résultats {lieu de surveillance, station météorologique, taxon}. En complément du présent rapport et pour chaque triplet {lieu de surveillance, station météorologique, taxon}, 5 éléments d'aide à la définition de seuils d'alerte pluviométrique sont fournis, pour le modèle qui apparaît être le plus pertinent (cf. section 3.1 et les tables de la section 8).

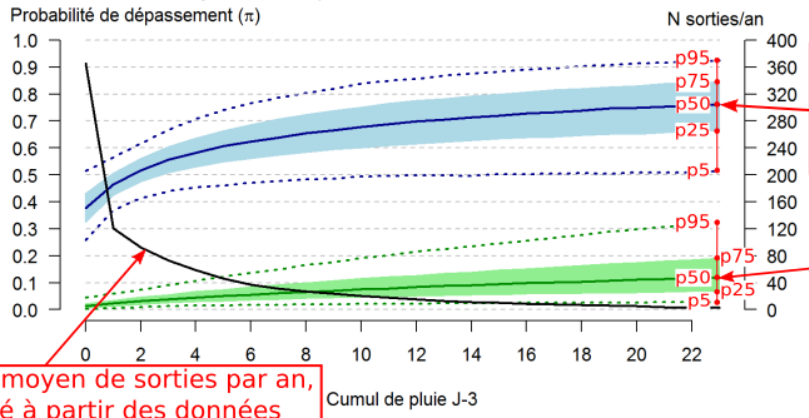
- Graphique représentant (cf. exemple Figure 3 haut) :
 - les percentiles 5, 25, 50 (médiane), 75 et 95 des distributions de probabilité, estimées par le modèle, du paramètre π_{700} (c.-à-d. la probabilité de dépasser le seuil de 700 *E. coli*/100 g CLI ; courbes bleues),
 - les percentiles 5, 25, 50 (médiane), 75 et 95 des distributions de probabilité, estimées par le modèle, du paramètre π_{4600} (c.-à-d. la probabilité de dépasser le seuil de 4 600 *E. coli*/100 g CLI ; courbes vertes),
 - le nombre moyen de sorties par an calculé à partir des données de pluviométrie de 2013 à 2018 (courbe noire).
- Graphique représentant (cf. exemple Figure 3 bas) les pourcentages de faux positifs (courbes orange) et de faux négatifs (courbes rouges) calculés à partir des données récoltées sur la période du modèle.
- Table (cf. exemple Table 3) contenant pour chaque valeur de pluviométrie et pour chacun des deux seuils microbiologiques :

- la moyenne, l'écart-type (SD) et les percentiles 5, 25, 50 (médiane), 75 et 95 de la distribution estimée par le modèle de la probabilité de dépasser le seuil microbiologique,
 - le nombre moyen de sorties par an calculé à partir des données de pluviométrie de 2013 à 2018,
 - les pourcentages de faux positifs (FP) et de faux négatifs (FN) calculés à partir des données récoltées sur la période du modèle.
- Table de résultats synthétique (cf. exemple Table 4), contenant pour chaque covariable pluviométrique testée :
- le nombre de données utilisées (N),
 - le nombre de valeurs quantifiées (NPlus),
 - la médiane du paramètre α (Alpha50),
 - les bornes de l'intervalle de crédibilité bayésien (ICB) à 95 % de α (AlphaICB),
 - la médiane du coefficient de corrélation (CC50),
 - les bornes de l'ICB à 95 % du coefficient de corrélation (CCICB).
- Table de résultats, contenant pour chaque covariable testée les statistiques des paramètres $\{\mu_0, \alpha \text{ et } \sigma\}$ ainsi que du coefficient de corrélation (cf. exemple Table 5).

Triplet Lieu de surveillance - Station Météo - Taxon

Cap Blanc-Nez (001-P-020) - CALAIS-MARCK - *Mytilus edulis*

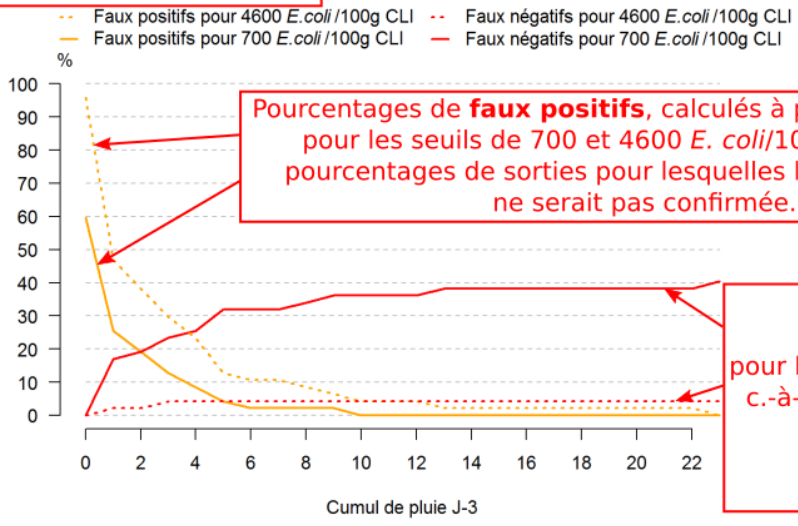
- - - Percentiles 5 et 95 de π_{700}
- - - Percentiles 5 et 95 de π_{4600}
- Médiane de π_{700}
- Médiane de π_{4600}
- Ecart interquartile 25-75 de π_{700}
- Ecart interquartile 25-75 de π_{4600}
- Nombre moyen de sorties par an



Médiane (p50) de la probabilité de dépasser le seuil de **700 *E. coli*/100 g CLI** et percentiles associés

Médiane (p50) de la probabilité de dépasser le seuil de **4600 *E. coli*/100 g CLI** et percentiles associés

Nombre moyen de sorties par an, calculé à partir des données de pluviométrie de 2013 à 2018



Pourcentages de **faux positifs**, calculés à partir des données, pour les seuils de 700 et 4600 *E. coli*/100 g CLI, c.-à-d. pourcentages de sorties pour lesquelles la contamination ne serait pas confirmée.

Pourcentages de **faux négatifs**, calculés à partir des données, pour les seuils de 700 et 4600 *E. coli*/100 g CLI, c.-à-d. pourcentages de sorties non réalisées pour lesquelles une contamination aurait été détectée si les sorties avaient eu lieu.

Figure 3. Exemple de graphique d'aide à la définition de seuils d'alerte pluviométrique.

Table 3. Exemple de table d'aide à la définition de seuils d'alerte pluviométrique, contenant pour chaque couple {pluviométrie, seuil microbiologique} : la moyenne, l'écart-type (SD) et les percentiles 5, 25, 50, 75 et 95 de la distribution de la probabilité de dépasser le seuil microbiologique ; le nombre moyen de sorties par an calculé à partir des données de pluviométrie de 2013 à 2018 et les pourcentages de faux positifs (FP) et de faux négatifs (FN) calculés à partir des données récoltées sur la période du modèle.

Pluviométrie	Seuil.microbiologique	Moyenne.pi	SD.pi	p5.pi	p25.pi	p50.pi	p75.pi	p95.pi	N.sorties.par.an	Pourcentage.FN	Pourcentage.FP
0	700	0.38	0.08	0.26	0.32	0.38	0.43	0.51	365	0	59.57
1	700	0.47	0.06	0.37	0.42	0.46	0.51	0.56	121	17.02	25.53
2	700	0.52	0.06	0.41	0.48	0.52	0.56	0.62	92	19.15	19.15
.
.
23	4600	0.14	0.09	0.03	0.07	0.12	0.19	0.32	3	4.26	0

Moyenne et écart-type de la distribution de probabilité de la probabilité π de dépasser le seuil microbiologique (colonne 2).
Ces paramètres donnent une information sur la qualité de mise à jour de la distribution *a priori* ainsi qu'une indication sur l'incertitude du paramètre π .

Percentiles 5, 25, 50, 75 et 95 de la distribution de probabilité de la probabilité π de dépasser le seuil microbiologique (colonne 2).
Le percentile 5 correspond à une probabilité de 0.05 que la probabilité π de dépasser le seuil microbiologique soit inférieure à cette valeur.

Nombre moyen de sorties par an, calculé à partir des données de pluviométrie de 2013 à 2018

Pourcentages de faux positifs (FP) et de faux négatifs (FN), calculés à partir des données. Les faux positifs correspondent aux sorties pour lesquelles la contamination ne serait pas confirmée alors que les faux négatifs correspondent aux sorties non réalisées pour lesquelles une contamination aurait été détectée si les sorties avaient eu lieu.

Table 4. Exemple de table de résultats synthétique, contenant pour chaque covariable pluviométrique testée : le nombre de données utilisées (N) ; le nombre de valeurs quantifiées (NPlus) ; la médiane du paramètre α (Alpha50) ; les bornes de l'intervalle de crédibilité bayésien (ICB) à 95 % de α (AlphaICB) ; la médiane du coefficient de corrélation (CC50) ; les bornes de l'ICB à 95 % du coefficient de corrélation (CCICB).

Effet	N	NPlus	Alpha50	AlphaICB	CC50	CCICB
Pluie_Jm1	47	47	0.02	[-0.28 ; 0.31]	0.01	[0.01 ; 0.01]
Pluie_Jm2	47	47	0.12	[-0.2 ; 0.44]	0.09	[0.09 ; 0.09]
Pluie_48	47	47	0.1	[-0.14 ; 0.34]	0.1	[0.1 ; 0.1]
Pluie_Jm3	47	47	0.32	[0.05 ; 0.6]	0.27	[0.27 ; 0.27]
Pluie_72	47	47	0.15	[-0.09 ; 0.37]	0.17	[0.17 ; 0.17]
Pluie_Jm4	47	47	0.14	[-0.15 ; 0.41]	0.12	[0.12 ; 0.12]
Pluie_96	47	47	0.19	[-0.02 ; 0.41]	0.21	[0.21 ; 0.21]
Pluie_Jm5	47	47	-0.04	[-0.33 ; 0.24]	-0.04	[-0.04 ; -0.04]
Pluie_120	47	47	0.16	[-0.07 ; 0.38]	0.17	[0.17 ; 0.17]

Table 5. Exemple de table de résultats, contenant pour chaque covariable pluviométrique testée (Effet) et pour chaque paramètre : la moyenne (mean) ; l'erreur standard de la moyenne (se_mean) ; l'écart-type (sd) ; les percentiles 5, 25, 50, 75 et 95 (X) ; la taille effective de l'échantillon MCMC (n_eff), c.-à-d. le nombre d'échantillons MCMC indépendants ; la valeur de \hat{R} (Rhat – potential scale reduction), qui donne une indication sur la qualité de convergence des chaînes MCMC (\hat{R} doit être inférieur à 1.1 pour tous les paramètres du modèle). Le lecteur peut se référer au manuel de référence (Stan Development Team, 2019) disponible à l'adresse <https://mc-stan.org/users/documentation/> pour plus de précisions, notamment sur les grandeurs \hat{R} (p. 148) et n_eff (p. 152).

Parametre	Effet	mean	se_mean	sd	X5.	X25.	X50.	X75.	X95.	n_eff	Rhat
mu0	Pluie_Jm1	6.49	0	0.19	6.19	6.36	6.49	6.61	6.8	1758.66	1
alpha	Pluie_Jm1	0.02	0	0.18	-0.28	-0.1	0.02	0.14	0.31	2095.03	1
sigma	Pluie_Jm1	1.04	0	0.11	0.87	0.96	1.03	1.11	1.23	1854.34	1
CC	Pluie_Jm1	0.01	NA	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	NA	NA
mu0	Pluie_Jm2	6.43	0	0.2	6.1	6.3	6.42	6.56	6.76	1832.29	1
.
.
sigma	Pluie_120	1.03	0	0.11	0.86	0.95	1.02	1.09	1.23	1449.46	1
CC	Pluie_120	0.17	NA	0	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	NA	NA

3 Résultats

3.1 Résultats généraux et sélection de modèle

Parmi les 526 lieux de surveillance disposant de données validées et non fausses/douteuses, 440 possèdent des données sur les six dernières années pour au moins un taxon. Seuls ces lieux, considérés comme encore actifs ou potentiellement utilisables dans les années à venir (pour ceux qui n'ont pas de données en 2018), ont été conservés dans l'étude. Le lieu « Zuydcoote 2 » ayant succédé au lieu « Zuydcoote » en 2018, les deux lieux ont été regroupés afin de n'avoir qu'une seule série temporelle (Figure 8, section 8.1). Sur les 439 lieux restants, 397 possèdent plus de 30 mesures pour au moins un taxon. Ainsi, seuls ces 397 lieux ont été conservés, donnant 467 séries temporelles {lieu de surveillance, station météorologique, taxon} avec au moins 30 mesures.

Pour chaque série {lieu de surveillance, station météo, taxon}, pour chaque transformation de covariable (log vs racine) et pour chaque période temporelle (longue vs courte), la covariable pluviométrique donnant le coefficient de détermination (CC^2) le plus important a été conservée. Globalement, les modèles ajustés sur des périodes temporelles plus courtes mettent en évidence un nombre plus faible de relations significatives entre la concentration en *E. coli* et la pluviométrie, mais ils donnent de meilleurs coefficients de détermination (CC^2) et donc un meilleur ajustement aux données (Figure 4). Pour une même période temporelle, les résultats apparaissent globalement similaires quelle que soit la transformation appliquée à la covariable pluviométrique (Table 6). Dans la présente étude, le modèle ajusté sur une période plus courte avec une transformation logarithmique de la covariable pluviométrique donne le plus souvent un plus grand coefficient de détermination comparativement aux autres modèles. Par ailleurs, il est présumé que la période courte, représentant des relations plus récentes entre pluviométrie et contamination microbiologique des coquillages, permettra une meilleure représentation des probabilités de dépassement futures. Par conséquent, ce sont les résultats de ce type de modèle qui seront détaillés dans la suite de ce rapport.

Nombre de séries

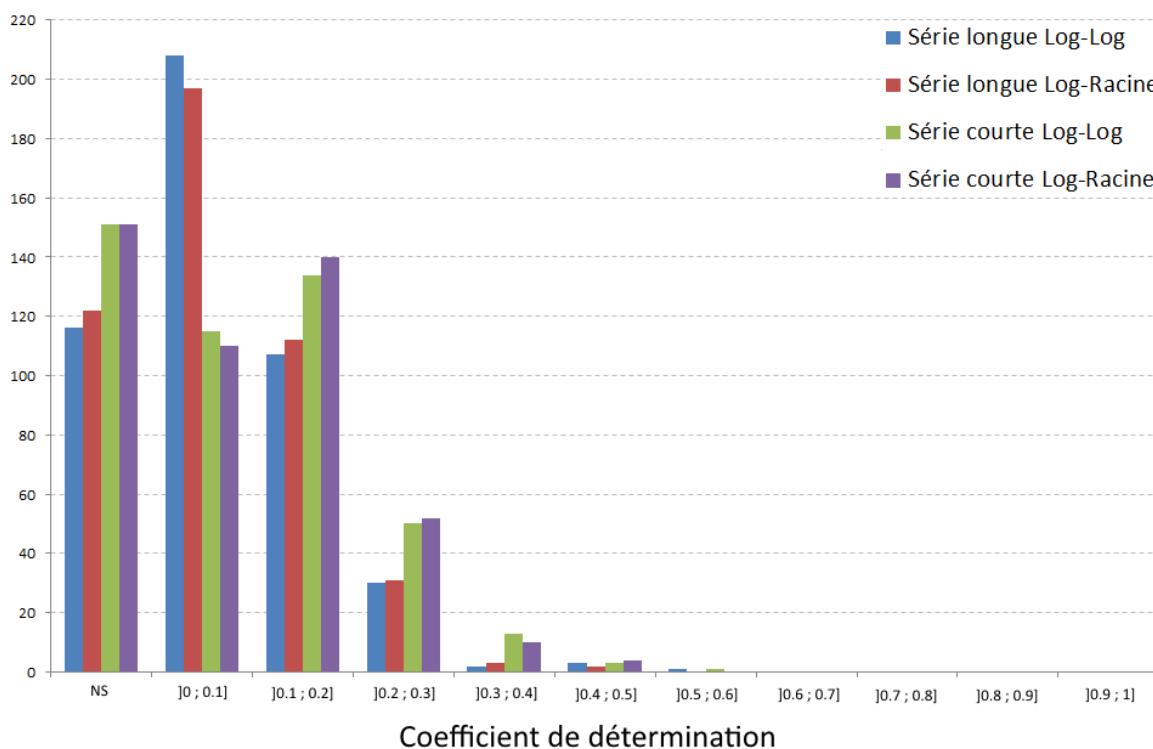


Figure 4. Nombre de séries {lieu de surveillance, station météo, taxon} pour chaque classe de coefficient de détermination (CC^2), pour chacun des quatre modèles testés. NS = relation non significative.

Table 6. Résumé des résultats de la sélection de modèle. CC = coefficient de corrélation (CC² = coefficient de détermination). Le nombre de CC² max correspond au nombre de séries {lieu de surveillance, station météorologique, taxon} pour lesquelles on obtient un coefficient de détermination maximal avec ce type de modèle (période temporelle et transformation).

Durée de la série temporelle	Transformation de la covariable	Effet significatif			Séries avec effet significatif positif			
		Nombre de séries (%)	CC ² médian	Nombre CC ² max	Nombre de séries (%)	CC médian	Nombre de séries avec médiane CC ≥ 0.5	Nombre de lieux (%)
2004-2018	Log	351 (75 %)	[0.02 ; 0.55]	100	333 (71 %)	[0.13 ; 0.74]	17	294 (74 %)
	Racine	345 (74 %)	[0.02 ; 0.50]	106	333 (71 %)	[0.13 ; 0.71]	21	294 (74 %)
Six ans ou plus	Log	316 (68 %)	[0.04 ; 0.55]	183	292 (63 %)	[0.21 ; 0.74]	43	256 (65 %)
	Racine	316 (68 %)	[0.03 ; 0.50]	176	290 (62 %)	[0.18 ; 0.71]	39	255 (64 %)

Les trois sections suivantes présentent trois exemples de résultats {lieu de surveillance, station météorologique, taxon} pour les modèles avec une transformation logarithmique de la covariable pluviométrique et ajustés sur une période courte (c.-à-d. les six dernières années ou plus de manière à avoir au moins 30 mesures). Un résumé des résultats, découpés par zone, pour l'ensemble des séries {lieu de surveillance, station météorologique, taxon} est disponible dans la section 8.

3.2 Exemple 1 : lieu de surveillance « Ambleteuse »

Le lieu de surveillance « Ambleteuse » est localisé au nord de Boulogne-sur-mer (section 8.1). La pluviométrie relevée à la station Météo France « BOULOGNE-SEM » est considérée être représentative de la pluviométrie sur ce lieu. Seul le taxon « *Mytilus edulis* » est présent sur ce lieu. Entre 2013 et 2018, 77 résultats d'analyse sont disponibles dont 75 résultats quantifiés, soit 97.40 %. Seule la relation entre la concentration en *E. coli*/100 g CLI et le cumul de pluie sur 24 heures à J-4 (P_{J-4}) n'est pas significative, c'est-à-dire que la valeur 0 est comprise dans l'ICB à 95 % du paramètre α (Table 7). Parmi les relations significatives, celle présentant le coefficient de corrélation le plus important correspond à la relation entre la concentration en *E. coli*/100 g CLI et le cumul de pluie sur 48 heures (C_{48} ; Table 7).

Table 7. Résultats des neuf effets testés sur la concentration en *E. coli*/100 g CLI sur la période 2013-2018 pour le lieu de surveillance « Ambleteuse », sous l'hypothèse d'une relation linéaire après transformation logarithmique des données d'*E. coli* et de pluviométrie. P_{j-1} à P_{j-5} correspondent aux cumuls de pluie sur 24 heures pour les cinq jours précédant le prélèvement de coquillages ; C_{48} à C_{120} correspondent aux cumuls de pluie sur 48 à 120 heures, jusqu'à la veille du prélèvement de coquillages ; α représente l'effet de la pluviométrie sur la concentration en *E. coli* ; CC correspond au coefficient de corrélation ; ICB correspond à l'intervalle de crédibilité bayésien à 95 %. La ligne orange correspond à l'unique relation non significative. La ligne rouge correspond à la relation significativement positive et dont le coefficient de corrélation est le plus élevé.

Effet	α		CC	
	Médiane	ICB	Médiane	ICB
P_{j-1}	0.83	[0.50 ; 1.16]	0.43	[0.43 ; 0.44]
P_{j-2}	0.90	[0.52 ; 1.28]	0.42	[0.42 ; 0.42]
C_{48}	0.96	[0.69 ; 1.21]	0.59	[0.58 ; 0.59]
P_{j-3}	0.43	[0.05 ; 0.83]	0.22	[0.18 ; 0.23]
C_{72}	0.75	[0.50 ; 0.99]	0.50	[0.48 ; 0.51]
P_{j-4}	0.30	[-0.02 ; 0.62]	0.18	[0.15 ; 0.19]
C_{96}	0.66	[0.42 ; 0.91]	0.47	[0.45 ; 0.48]
P_{j-5}	0.45	[0.04 ; 0.86]	0.20	[0.19 ; 0.20]
C_{120}	0.64	[0.40 ; 0.88]	0.45	[0.43 ; 0.46]

Le maximum des cumuls de pluie sur 48 heures observés entre 2013 et 2018 atteint 34 mm. Dans cette gamme de valeurs, les médianes des distributions de probabilité estimées par le modèle pour les probabilités de dépasser les seuils de 700 et de 4 600 *E. coli*/100 g CLI varient respectivement entre 0.09 et 0.87 et entre 0 et 0.41 (Figure 5). D'après ces résultats et en se basant sur la médiane des distributions de probabilité, c'est-à-dire en acceptant un risque de 50 % que la valeur du paramètre soit supérieure, si on souhaite une probabilité de 50 % de dépasser le seuil de 700 *E. coli*/100 g CLI (courbe bleue pleine atteignant la valeur 0.5, Figure 5 haut), alors :

- le seuil d'alerte est de 6 mm de pluie sur 48 heures ;
- la probabilité médiane de dépasser le seuil de 4 600 *E. coli*/100 g CLI est estimée à 0.09 (courbe verte pleine, Figure 5 haut) ;
- les pourcentages de faux négatifs et faux positifs observés entre 2013 et 2018 sont respectivement de 13 et 7.80 % pour le seuil de 700 et de 0 et 18.20 % pour le seuil de 4 600 (Figure 5 bas) ;
- le nombre moyen de sorties par an, calculé à partir des valeurs de pluviométrie des six dernières années, est de 90 (courbe noire, Figure 5 haut).

Ainsi, après avoir déterminé la probabilité de dépassement et le pourcentage de risque de se tromper sur la valeur de π souhaités, il est possible de déterminer un seuil d'alerte pluviométrique.

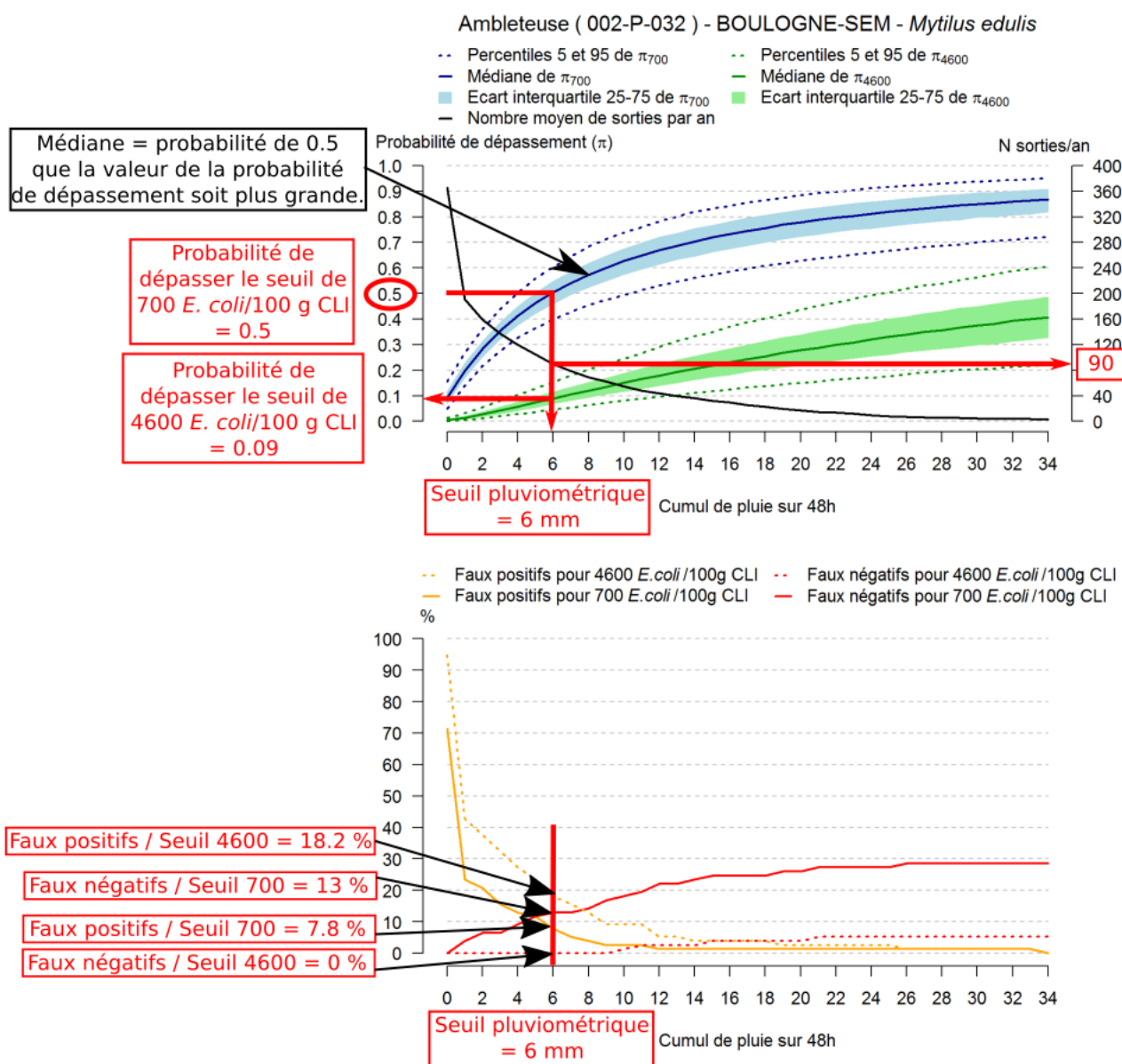


Figure 5. Graphiques représentant : (haut) les distributions de probabilité estimées par le modèle pour les probabilités de dépasser les seuils de 700 (π_{700} – courbes bleues) et 4 600 (π_{4600} – courbes vertes) *E.coli*/100 g CLI, ainsi que le nombre moyen de sorties par an calculé à partir des données de pluviométrie de 2013 à 2018 (courbe noire) ; (bas) les pourcentages de faux positifs (courbes orange) et de faux négatifs (courbes rouges) calculés à partir des données récoltées entre 2013 et 2018. **A titre d’illustration, un exemple d’analyse et de détermination du seuil pluviométrique est donné, en se basant sur la médiane des distributions de probabilité, c’est-à-dire en acceptant un risque de 50 % que la valeur du paramètre soit supérieure, et en souhaitant une probabilité de 50 % de dépasser le seuil de 700 *E.coli*/100 g CLI.**

3.3 Exemple 2 : lieu de surveillance « Joalland (b) »

Le lieu de surveillance « Joalland (b) » est localisé dans l’estuaire de la Loire, au niveau de la ville de La Plaine-sur-mer (section 8.9). La pluviométrie relevée à la station Météo France « ST NAZAIRE-MONTOIR » est supposée être représentative de la pluviométrie sur ce lieu. Seul le taxon « *Crassostrea gigas* » est présent sur ce lieu. Entre 2013 et 2018, 74 résultats d’analyse sont disponibles dont 36 résultats quantifiés, soit 48.65 %. Seules deux relations entre la concentration en *E. coli*/100 g CLI et la pluviométrie sont significatives, c’est-à-dire que la valeur 0 n’est pas comprise dans l’ICB à 95 % du

paramètre α (Table 8). Parmi les relations significatives, celle présentant le CC le plus important correspond à la relation entre la concentration en *E. coli*/100 g CLI et le cumul de pluie sur 96 heures (C_{96} ; Table 8).

Table 8. Résultats des neuf effets testés sur la concentration en *E. coli*/100 g CLI sur la période 2013-2018 pour le lieu de surveillance « Joalland (b) », sous l'hypothèse d'une relation linéaire après transformation logarithmique des données d'*E. coli* et de pluviométrie. P_{j-1} à P_{j-5} correspondent aux cumuls de pluie sur 24 heures pour les cinq jours précédant le prélèvement de coquillages ; C_{48} à C_{120} correspondent aux cumuls de pluie sur 48 à 120 heures, jusqu'à la veille du prélèvement de coquillages ; α représente l'effet de la pluviométrie sur la concentration en *E. coli* ; CC correspond au coefficient de corrélation ; ICB correspond à l'intervalle de crédibilité bayésien à 95 %. Les lignes orange correspondent aux relations non significatives. La ligne rouge correspond à la relation significativement positive et dont le coefficient de corrélation est le plus élevé.

Effet	α		CC	
	Médiane	ICB	Médiane	ICB
P_{j-1}	0.15	[-0.25 ; 0.56]	0.08	[-0.03 ; 0.17]
P_{j-2}	0.38	[0.02 ; 0.73]	0.23	[0.12 ; 0.30]
C_{48}	0.26	[-0.05 ; 0.58]	0.19	[0.08 ; 0.27]
P_{j-3}	0.20	[-0.13 ; 0.53]	0.13	[0.03 ; 0.21]
C_{72}	0.24	[-0.03 ; 0.51]	0.19	[0.08 ; 0.29]
P_{j-4}	0.32	[-0.09 ; 0.71]	0.18	[0.08 ; 0.25]
C_{96}	0.30	[0.03 ; 0.56]	0.24	[0.14 ; 0.33]
P_{j-5}	0.05	[-0.43 ; 0.52]	0.03	[-0.09 ; 0.13]
C_{120}	0.23	[-0.04 ; 0.49]	0.20	[0.09 ; 0.29]

Le maximum des cumuls de pluie sur 96 heures observés entre 2013 et 2018 atteint 74 mm. Dans cette gamme de valeurs, la médiane et le percentile 95 de la distribution de probabilité estimée par le modèle pour la probabilité de dépasser le seuil de 700 *E. coli*/100 g CLI sont au maximum de 0.10 et 0.22 respectivement (Figure 6 haut). Le pourcentage de faux positifs observés entre 2013 et 2018 reste élevé pour une large gamme de valeurs de pluviométrie et celui des faux négatifs reste faible (Figure 6 bas). La pertinence de la détermination d'un seuil d'alerte pluviométrique pour cette série doit donc être évaluée à la vue du faible gain de performance qui serait obtenu et du coût de surveillance supplémentaire que cela engendrerait.

Joalland (b) (070-P-006) - ST NAZAIRE-MONTOIR - *Crassostrea gigas*

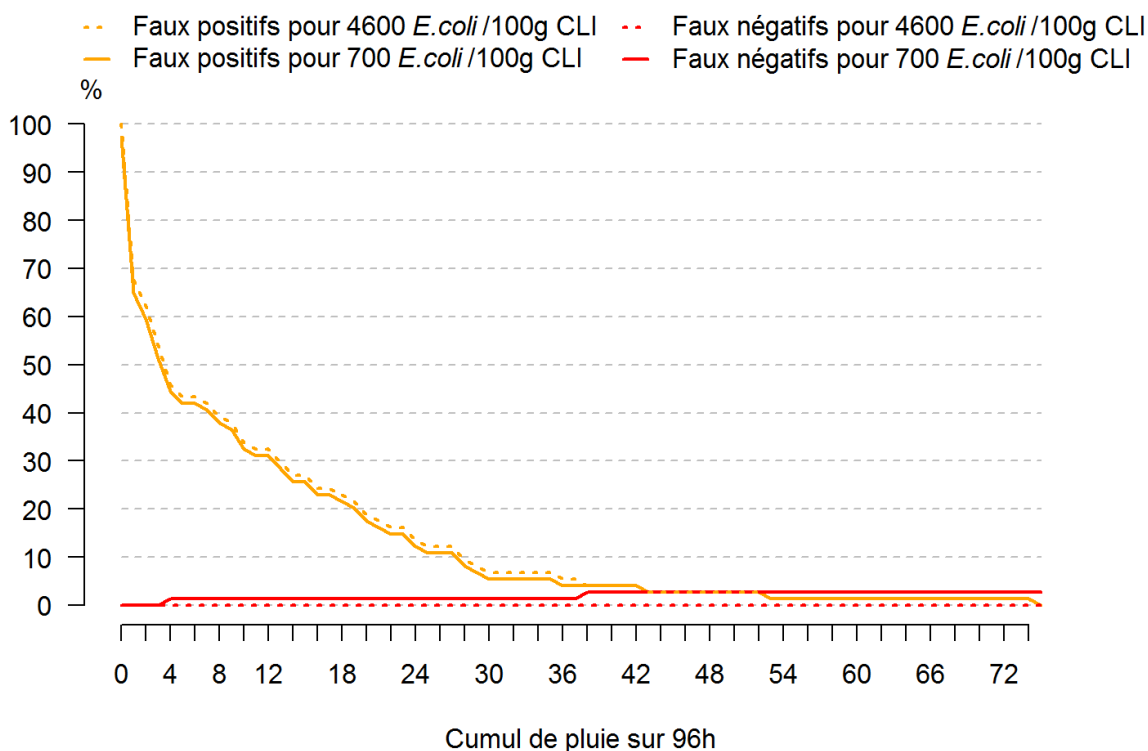
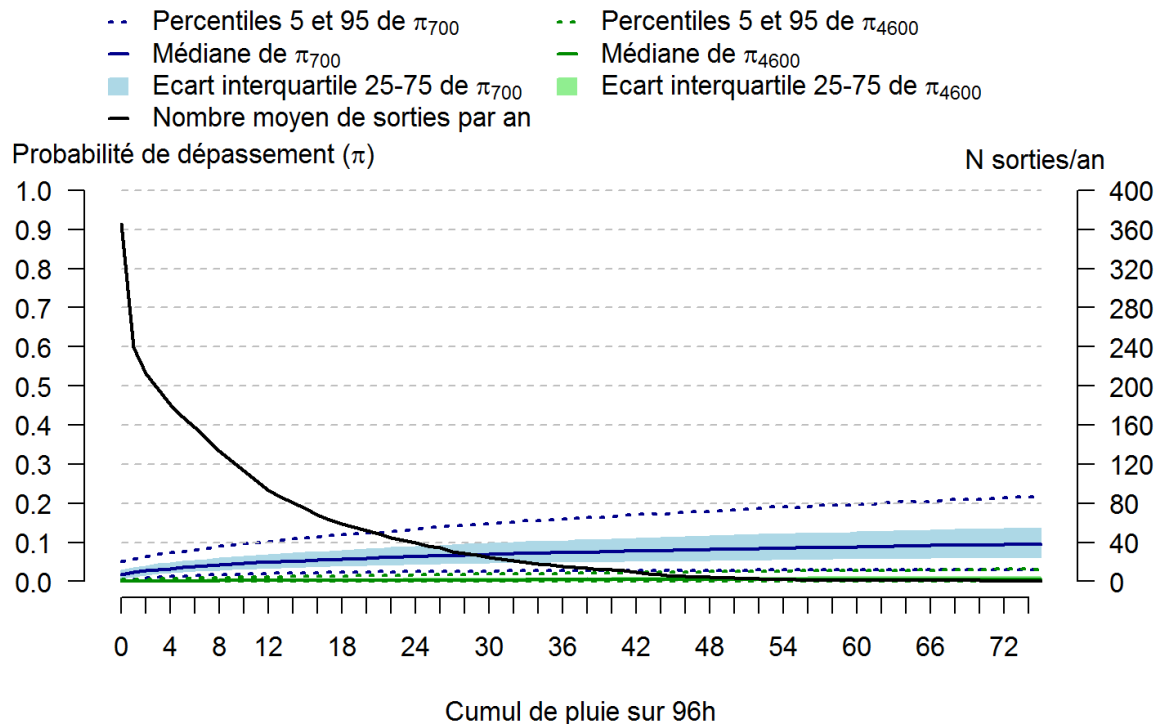


Figure 6. Graphiques représentant : (haut) les distributions de probabilité estimées par le modèle pour les probabilités de dépasser les seuils de 700 (π_{700} – courbes bleues) et 4 600 (π_{4600} – courbes vertes) *E.coli*/100 g CLI, ainsi que le nombre moyen de sorties par an calculé à partir des données de pluviométrie de 2013 à 2018 (courbe noire) ; (bas) les pourcentages de faux positifs (courbes orange) et de faux négatifs (courbes rouges) calculés à partir des données récoltées entre 2013 et 2018.

3.4 Exemple 3 : lieu de surveillance « Salses – Presqu’île »

Le lieu de surveillance « Salses – Presqu’île » est localisé dans l’étang de Leucate, au niveau de la ville de Barcarès (section 8.14). La pluviométrie relevée à la station Météo France « LEUCATE » ou à celle de « PERPIGNAN » est supposée être représentative de la pluviométrie sur ce lieu. Les deux taxons « *Mytilus galloprovincialis* » et « *Ruditapes decussatus* » sont présents sur ce lieu. Entre 2013 et 2015, 55 résultats d’analyse dont 20 résultats quantifiés sont disponibles pour le taxon *M. galloprovincialis* et 44 résultats dont 38 quantifiés sont disponibles pour le taxon *R. decussatus*. Pour chacun des deux taxons, l’une ou l’autre des stations peut être utilisée pour les déclenchements d’alerte (Table 9), avec cependant des corrélations plus importantes avec la pluviométrie relevée à la station de « PERPIGNAN ». Enfin, quelle que soit la station choisie, les corrélations les plus importantes entre la concentration en *E. coli*/100 g CLI et la pluviométrie sont obtenues avec le cumul de pluie sur 96 heures pour *M. galloprovincialis* (C_{96} ; Table 9) et le cumul de pluie sur 24 heures de la veille pour *R. decussatus* (P_{J-1} ; Table 9).

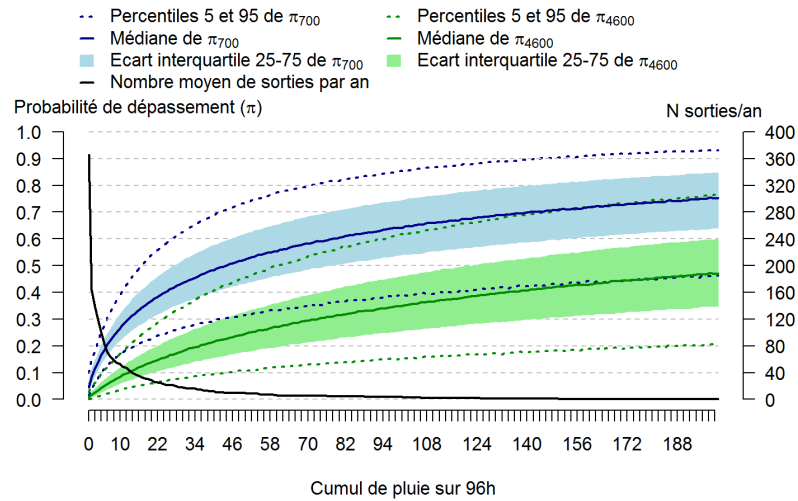
Table 9. Résultats des neuf effets testés sur la concentration en *E. coli*/100 g CLI sur la période 2013-2015 pour le lieu de surveillance « Salses – Presqu’île », sous l’hypothèse d’une relation linéaire après transformation logarithmique des données d’*E. coli* et de pluviométrie. P_{J-1} à P_{J-5} correspondent aux cumuls de pluie sur 24 heures pour les cinq jours précédant le prélèvement de coquillages ; C_{48} à C_{120} correspondent aux cumuls de pluie sur 48 à 120 heures, jusqu’à la veille du prélèvement de coquillages ; α représente l’effet de la pluviométrie sur la concentration en *E. coli* ; CC correspond au coefficient de corrélation ; ICB correspond à l’intervalle de crédibilité Bayésien à 95 %. Les lignes orange correspondent aux relations non significatives. Les lignes rouges correspondent aux relations significativement positives et dont le coefficient de corrélation est le plus élevé.

Effet	α		CC	
	Médiane	ICB	Médiane	ICB
<i>M. galloprovincialis</i> (N = 55 ; N* = 20)				
Station de LEUCATE				
P_{J-1}	1.02	[-1.15 ; 3.01]	0.14	[-0.02 ; 0.21]
P_{J-2}	1.19	[0.54 ; 1.87]	0.42	[0.34 ; 0.47]
C_{48}	1.15	[0.50 ; 1.83]	0.41	[0.32 ; 0.47]
P_{J-3}	0.79	[0.05 ; 1.56]	0.26	[0.17 ; 0.32]
C_{72}	0.92	[0.40 ; 1.48]	0.40	[0.30 ; 0.46]
P_{J-4}	0.98	[0.23 ; 1.72]	0.29	[0.21 ; 0.34]
C_{96}	1.02	[0.54 ; 1.52]	0.48	[0.39 ; 0.54]
P_{J-5}	0.62	[-1.04 ; 2.22]	0.10	[-0.02 ; 0.18]
C_{120}	1.01	[0.53 ; 1.52]	0.48	[0.38 ; 0.54]
Station de PERPIGNAN				
P_{J-1}	2.49	[0.76 ; 4.21]	0.32	[0.25 ; 0.36]
P_{J-2}	1.29	[0.69 ; 1.95]	0.46	[0.39 ; 0.51]
C_{48}	1.41	[0.82 ; 2.04]	0.51	[0.44 ; 0.56]
P_{J-3}	1.13	[0.42 ; 1.86]	0.35	[0.29 ; 0.39]
C_{72}	1.18	[0.70 ; 1.72]	0.49	[0.43 ; 0.54]
P_{J-4}	1.00	[0.38 ; 1.69]	0.34	[0.29 ; 0.39]
C_{96}	1.12	[0.69 ; 1.61]	0.52	[0.45 ; 0.57]
P_{J-5}	0.48	[-0.50 ; 1.49]	0.13	[0.00 ; 0.22]
C_{120}	1.01	[0.54 ; 1.5]	0.47	[0.39 ; 0.53]

<i>R. decussatus</i> (N = 44 ; N* = 38)				
Station de LEUCATE				
P _{J-1}	3.25	[0.39 ; 6.03]	0.29	[0.27 ; 0.3]
P _{J-2}	0.26	[-0.36 ; 0.86]	0.11	[0.09 ; 0.13]
C ₄₈	0.31	[-0.30 ; 0.92]	0.13	[0.11 ; 0.14]
P _{J-3}	-1.02	[-2.03 ; -0.09]	-0.29	[-0.38 ; -0.24]
C ₇₂	0.02	[-0.51 ; 0.56]	0.01	[-0.04 ; 0.04]
P _{J-4}	-0.43	[-1.5 ; 0.60]	-0.11	[-0.13 ; -0.08]
C ₉₆	-0.01	[-0.55 ; 0.53]	-0.01	[-0.05 ; 0.02]
P _{J-5}	-0.47	[-2.13 ; 1.23]	-0.07	[-0.12 ; -0.04]
C ₁₂₀	0.02	[-0.53 ; 0.55]	0.01	[-0.04 ; 0.04]
Station de PERPIGNAN				
P _{J-1}	2.12	[0.51 ; 3.74]	0.31	[0.29 ; 0.33]
P _{J-2}	0.31	[-0.34 ; 0.98]	0.12	[0.08 ; 0.14]
C ₄₈	0.47	[-0.22 ; 1.12]	0.18	[0.14 ; 0.19]
P _{J-3}	-0.97	[-2.37 ; 0.42]	-0.18	[-0.25 ; -0.13]
C ₇₂	0.19	[-0.46 ; 0.83]	0.08	[0.03 ; 0.10]
P _{J-4}	-0.12	[-0.93 ; 0.67]	-0.04	[-0.06 ; -0.03]
C ₉₆	0.11	[-0.44 ; 0.66]	0.05	[0.02 ; 0.07]
P _{J-5}	0.20	[-0.98 ; 1.42]	0.05	[0.01 ; 0.07]
C ₁₂₀	0.17	[-0.38 ; 0.71]	0.07	[0.04 ; 0.10]

Selon le même raisonnement que celui présenté dans la section 3.2, il est possible de choisir un seuil d'alerte en fonction de la probabilité de dépassement et le pourcentage de risque de se tromper sur la valeur de π souhaités (Figure 7 et Table 9).

Salses - Presqu'île (097-P-016) - PERPIGNAN - *Mytilus galloprovincialis*



Salses - Presqu'île (097-P-016) - PERPIGNAN - *Ruditapes decussatus*

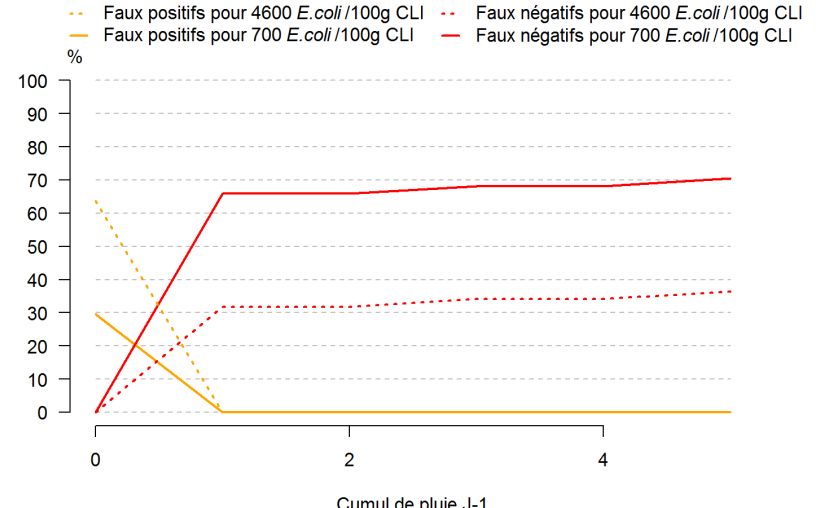
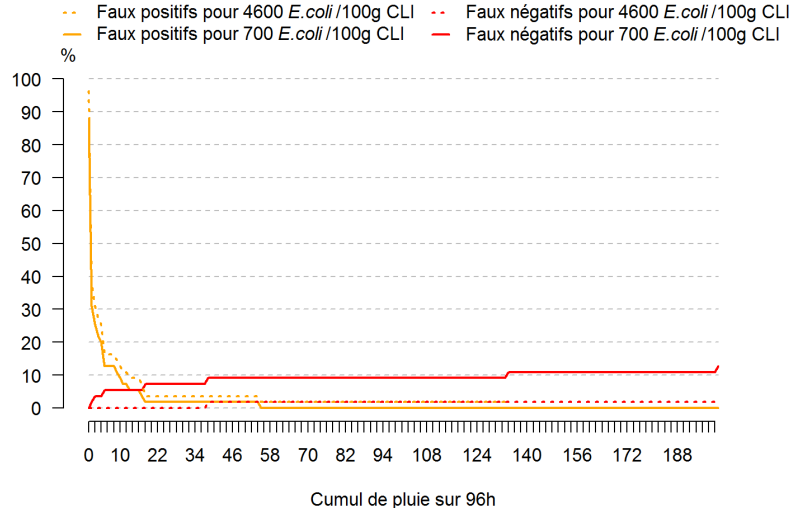
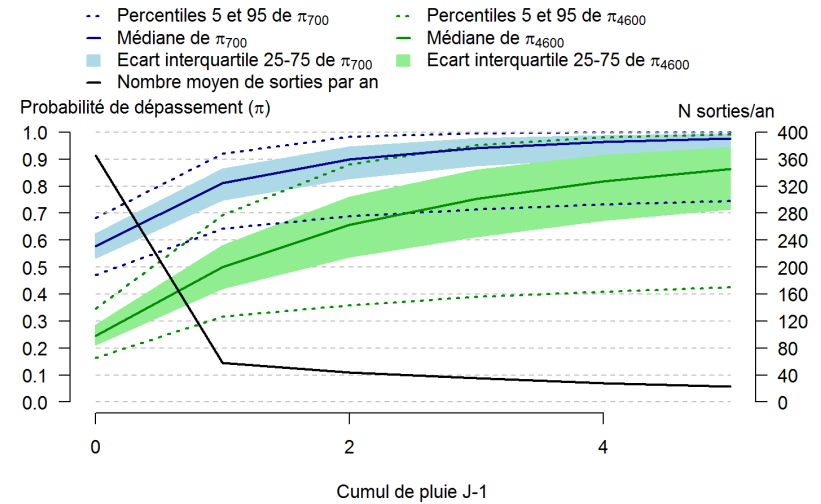


Figure 7. Graphiques représentant, pour la station « PERPIGNAN » et pour les taxons *M. galloprovincialis* (gauche) et *R. decussatus* (droite) : (haut) les distributions de probabilité estimées par le modèle pour les probabilités de dépasser les seuils de 700 (π_{700} – courbes bleues) et 4 600 (π_{4600} – courbes vertes) *E.coli*/100 g CLI, ainsi que le nombre moyen de sorties par an calculé à partir des données de pluviométrie de 2013 à 2018 (courbe noire) ; (bas) les pourcentages de faux positifs (courbes orange) et de faux négatifs (courbes rouges) calculés à partir des données récoltées entre 2013 et 2015.

4 Discussion

Cette étude propose un outil statistique d'aide à la définition de seuils d'alerte pluviométrique, dans le cadre du suivi de la qualité microbiologique des zones de production conchylicole. Les exemples présentés dans les sections 3.2 à 3.4 montrent que cet outil répond à ses trois objectifs initiaux, en mettant en évidence les lieux dont la contamination est sensible à la pluviométrie, en permettant l'estimation des probabilités de dépassement des seuils microbiologiques en fonction de la pluviométrie et en évaluant l'impact sur l'effort de surveillance en fonction du seuil de pluviométrie choisi. Cet outil fournit également le nombre moyen de sorties par an et les pourcentages de faux positifs (FP) et de faux négatifs (FN), calculés à partir des données. Il est cependant important de noter que les pourcentages de FP et FN étant basés sur les données discontinues de microbiologie, un biais est présent dans leur calcul. Ils ne sont donc calculés qu'à titre indicatif.

L'approche statistique bayésienne propose un cadre formel pour quantifier l'incertitude des paramètres et, ainsi, permet de choisir un niveau de risque dans la prise de décision basé sur l'incertitude estimée des probabilités de dépassement des seuils microbiologiques. Cette approche permet également d'estimer les valeurs inférieures aux limites de quantification et ainsi de rendre plus fiable leur considération dans le modèle. Cependant, cette approche demande l'implémentation de processus d'échantillonnage (chaînes de Markov) qui peuvent s'avérer longs et coûteux en espace de stockage. Bien que le modèle soit simple (régression linéaire simple), la mise en œuvre de l'outil, pour une période temporelle et une transformation données, demande l'ajustement de 467 séries X 9 covariables = 4 203 modèles et demande environ une journée complète pour sortir l'ensemble des éléments d'aide à la décision et plus de 1Go d'espace.

Des essais ont été réalisés sur l'ensemble des données REMI disponibles afin de sélectionner un modèle pertinent, plusieurs périodes temporelles et plusieurs types de transformation des covariables pluviométriques (log vs racine carrée) ont été testés. La sélection du couple {période, transformation} le plus pertinent a été réalisée au moyen du coefficient de détermination (CC^2), qui est un indicateur de la qualité d'ajustement d'un modèle linéaire. Le couple répondant globalement le mieux à ce critère correspond à une période temporelle courte et une transformation logarithmique des covariables. Par ailleurs, il est présumé que la période courte, représentant des relations plus récentes entre pluviométrie et contamination microbiologique des coquillages, permettra une meilleure représentation des probabilités de dépassement futures. Cependant, dans les années à venir une validation du modèle avec les données nouvellement acquises serait à réaliser pour s'assurer de l'efficacité de l'outil.

Neuf covariables, dérivées des données de pluviométrie journalière, ont été testées. D'autres facteurs peuvent influencer la contamination microbiologique d'une zone (Frick *et al.*, 2008). Par exemple, dans l'étang de Thau, Derolez *et al.* (2013) ont montré que les périodes de sécheresse pouvaient également influencer la contamination en *E. coli* dans les huîtres. L'ajout de variables supplémentaires dans l'outil pourrait améliorer les prédictions du modèle. Cependant, chaque nouvelle covariable testée augmente encore le temps d'estimation et le besoin de stockage des résultats. L'outil tel que proposé dans ce rapport permet avec un seul facteur, de fournir des éléments d'aide à la décision pour le déclenchement d'alertes, dans un cadre formel et uniformisé sur l'ensemble du littoral.

5 Conclusion

L'étude a permis le développement d'un modèle statistique exprimant la relation entre pluviométrie et contamination microbiologique sur l'ensemble des lieux REMI disposant d'un historique suffisant. Ce modèle permet :

- d'identifier les lieux REMI dont les niveaux de contamination augmentent avec la pluviométrie (256 lieux sur 397) ;
- de calculer sur ces lieux sensibles, quelles seraient les probabilités d'une contamination supérieure aux seuils microbiologiques en fonction du cumul de pluviométrie ;
- d'évaluer les incertitudes associées aux probabilités de dépassement des seuils
- d'évaluer l'impact sur l'effort de surveillance en fonction du seuil de pluviométrie choisi ;
- d'éditer des graphiques et tableaux permettant de présenter ces probabilités et impacts sur la surveillance dans une optique d'aide à la décision.

Ce modèle est conçu pour pouvoir être évolutif et mis à jour dans son paramétrage (correspondance entre lieux REMI et stations météorologiques représentatives par exemple). Il est également conçu pour pouvoir être ré-exécuté occasionnellement avec les dernières données disponibles (REMI et pluviométrie). Ses deux principales limites sont :

- l'intégration limitée aux lieux REMI présentant un historique minimal de 30 données ;
- le temps nécessaire à la mise en œuvre de l'outil et à l'édition des éléments d'aide à la décision, qui est relativement long (environ une journée de calcul informatique, sans compter le travail humain associé).

Dans l'état actuel, l'outil permet une objectivation de la définition des seuils pluviométriques pour le déclenchement des alertes préventives REMI. Les sorties graphiques et numériques permettent par exemple d'envisager différentes approches pour la définition des seuils pluviométriques, par exemple :

- probabilité de dépassement du seuil d'alerte (surveillance événementielle) à minima supérieure à celle observée en surveillance régulière (non-événementielle) ;
- évaluation du rapport cout/efficacité : effort de surveillance supplémentaire / probabilité de dépassement des seuils ;
- croisement de ces approches ou autre méthode à déterminer par les acteurs de la surveillance REMI.

L'outil développé constitue donc une base d'aide à la décision pour les acteurs nationaux et locaux dans une perspective d'optimisation du dispositif préventif d'alerte du REMI. Par ailleurs, les résultats du modèle ouvrent des perspectives innovantes en matière d'évolution de la stratégie de surveillance REMI : bien que le modèle actuel soit relativement simple, les probabilités maximales de dépassement des seuils pour certains lieux sont élevées. Par exemple, sur le lieu « Ambleteuse » (cf. section 3.2) **le modèle permet d'identifier des conditions pluviométriques associées à une probabilité médiane de dépassement du seuil de 700 *E. coli* de l'ordre de 80%**. Sur ces lieux où le modèle met en évidence un fort lien entre pluviométrie et contamination des coquillages, et sous réserve que les résultats soient validés, les perspectives suivantes deviennent envisageables :

- Identifier des périodes à risque en fonction des probabilités de dépassement des seuils microbiologiques (par exemple : vigilance rouge pour une probabilité de dépassement du seuil supérieure à 80 %, orange pour une probabilité supérieure à 50 %).
- Initier une réflexion plus large portant sur une surveillance prédictive sur les lieux où le modèle explique une grande partie de la contamination observée. Une surveillance régulière (potentiellement allégée) serait toujours nécessaire, mais son objectif serait de

permettre la validation et l'ajustement régulier du modèle. Le modèle en lui-même pourrait contribuer à évaluer la qualité de la zone (A, B ou C) et à identifier les contaminations occasionnelles.

- Intégrer de nouvelles variables pour améliorer la pertinence du modèle (par exemple : marée, débit des fleuves, effet saisonnier, ...).

6 Références

- Carpenter, Bob, Andrew Gelman, Matthew D. Hoffman, Daniel Lee, Ben Goodrich, Michael Betancourt, Marcus Brubaker, Jiqiang Guo, Peter Li, et Allen Riddell. 2017. « Stan : A Probabilistic Programming Language ». *Journal of Statistical Software* 76 (1). <https://doi.org/10.18637/jss.v076.i01>.
- Derolez, Valérie, Dominique Soudant, Annie Fiandrino, Ludovic Cesmat, et Ophélie Serais. 2013. « Impact of Weather Conditions on *Escherichia Coli* Accumulation in Oysters of the Thau Lagoon (the Mediterranean, France) ». *Journal of Applied Microbiology* 114 (2): 516-25. <https://doi.org/10.1111/jam.12040>.
- Frick, Walter E., Zhongfu Ge, et Richard G. Zepp. 2008. « Nowcasting and Forecasting Concentrations of Biological Contaminants at Beaches: A Feasibility and Case Study ». *Environmental Science & Technology* 42 (13): 4818-24. <https://doi.org/10.1021/es703185p>.
- Gelman, Andrew, John B. Carlin, Hal S. Stern, et Donald B. Rubin. 2004. *Bayesian data analysis. Second Edition*. New York, USA: Chapman & Hall/CRC.
- Ifremer. 2008a. « Microbiologie sanitaire / surveillance / envlit / Ifremer - envlit ». EnvLit. 14 février 2008. http://envlit.ifremer.fr/surveillance/microbiologie_sanitaire.
- . 2008b. « Mise en oeuvre / Microbiologie sanitaire / surveillance / envlit / Ifremer - envlit ». EnvLit. 5 novembre 2008. http://envlit.ifremer.fr/surveillance/microbiologie_sanitaire/mise_en_oeuvre.
- Korner-Nievergelt, Fränzi, Tobias Roth, Stefanie von Felten, Jérôme Guélat, Bettina Almasi, et Puis Korner-Nievergelt. 2015. *Bayesian Data Analysis in Ecology Using Linear Models with R, BUGS, and Stan*. Academic Press, Elsevier.
- Stan Development Team. 2019. « Stan Reference Manual. Version 2.21 », 174.
- Stidson, R. T., C. A. Gray, et C. D. McPhail. 2012. « Development and Use of Modelling Techniques for Real-Time Bathing Water Quality Predictions: Development and Use of Modelling Techniques ». *Water and Environment Journal* 26 (1): 7-18. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2011.00258.x>.
- US EPA. 2019. « Virtual Beach (VB) | Environmental Modeling Community of Practice | US EPA ». United States Environmental Protection Agency. 28 février 2019. <https://www.epa.gov/ceam/virtual-beach-vb>.

Sites internet

Environnement littoral : <http://envlit.ifremer.fr>

Base de données Quadrige : http://envlit.ifremer.fr/resultats/base_de_donnees_quadriges/presentation

Données Météo France : <https://publitheque.meteo.fr/okapi/accueil/okapiWebPubli/index.jsp>

Stan : <https://mc-stan.org/users/documentation/>

7 Abréviations

AMOA - Assistance à maîtrise d'ouvrage

CC – Coefficient de corrélation

CLI – Chair de coquillage et de liquide intervalvaire

E. coli - *Escherichia coli*

FN – Faux négatifs

FP – Faux positifs

ICB – Intervalle de crédibilité bayésien

LQ – Limite de quantification

LSEM – Laboratoire santé environnement et microbiologie

MCMC – Monte Carlo Markov Chain

REMI - Réseau de contrôle microbiologique

SD – Ecart-type (standard deviation)

8 Annexe : résultats généraux par zone

8.1 Zone 1 : de la frontière belge à Fécamp

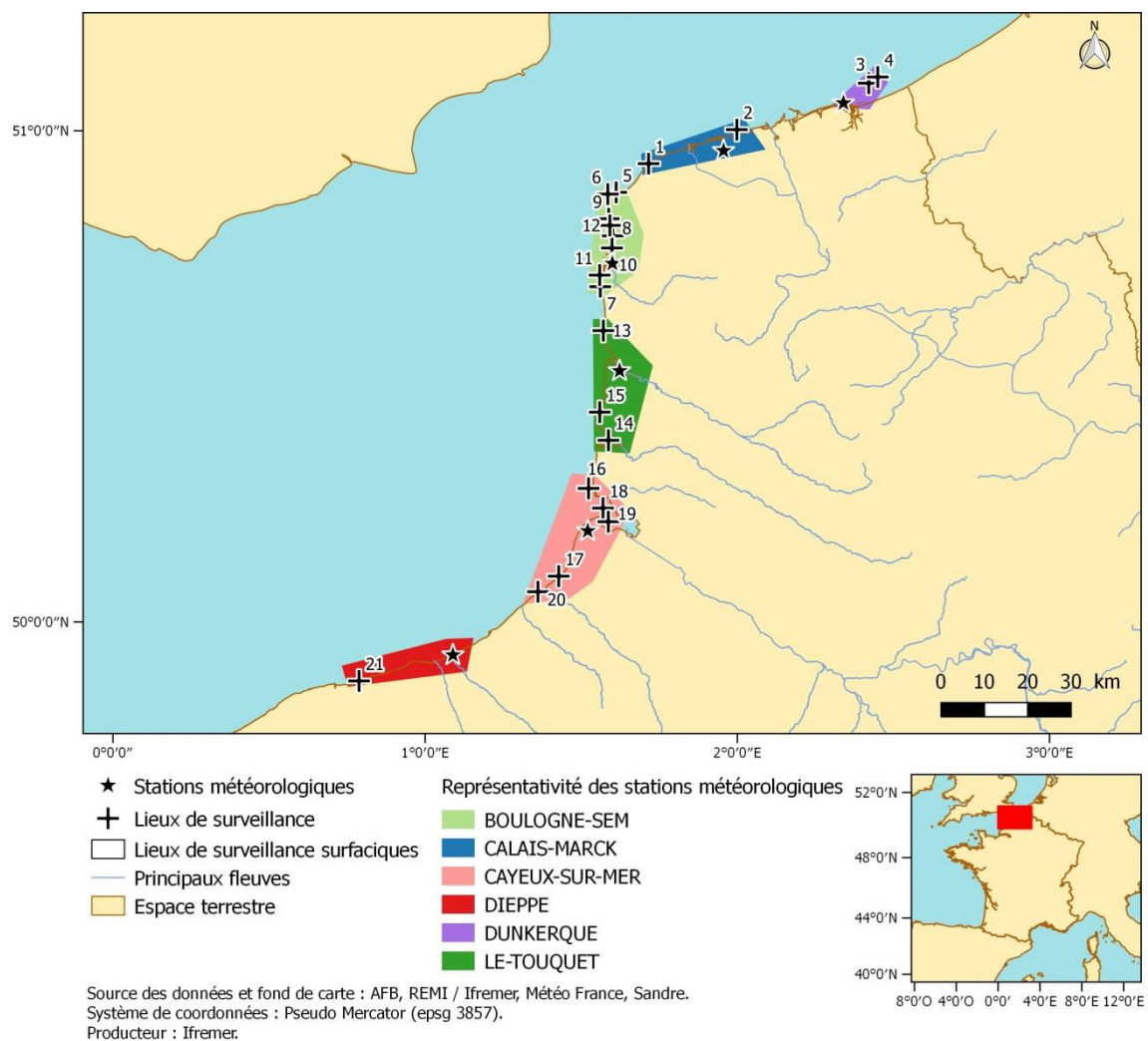


Figure 8. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France, de la frontière belge à Fécamp. Le lecteur peut se référer à la Table 10 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 10. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés entre la frontière belge et Fécamp. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 8. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
1	Cap Blanc-Nez	CALAIS-MARCK	<i>Mytilus edulis</i>	47	47	2013-2018	P _{J-3}	0.27
2	Oye plage	CALAIS-MARCK	<i>Mytilus edulis</i>	48	47	2013-2018	C ₇₂	0.42
3 & 4	Zuydcoote 2 & Zuydcoote	DUNKERQUE	<i>Mytilus edulis</i>	75	64	2013-2018	C ₁₂₀	0.35
5	Bouchots Tardinghen	BOULOGNE-SEM	<i>Mytilus edulis</i>	53	52	2013-2018	C ₄₈	0.42
6	Cap Gris nez	BOULOGNE-SEM	<i>Mytilus edulis</i>	42	38	2013-2018	C ₄₈	0.28
7	Equihen épuration	BOULOGNE-SEM	<i>Mytilus edulis</i>	74	74	2013-2018	P _{J-1}	0.36
8	Pointe aux Oies	BOULOGNE-SEM	<i>Mytilus edulis</i>	75	73	2013-2018	C ₇₂	0.51
9	Verdriette	BOULOGNE-SEM	<i>Mytilus edulis</i>	77	66	2013-2018	C ₇₂	0.43
10	Parc 10 n	BOULOGNE-SEM	<i>Mytilus edulis</i>	76	72	2013-2018	P _{J-1}	0.32
11	Fort de l'Heurt	BOULOGNE-SEM	<i>Mytilus edulis</i>	74	72	2013-2018	P _{J-1}	0.55
12	Ambleteuse	BOULOGNE-SEM	<i>Mytilus edulis</i>	77	75	2013-2018	C ₄₈	0.59
13	Dannes	LE-TOUQUET	<i>Mytilus edulis</i>	73	73	2013-2018	C ₁₂₀	-0.23
14	Authie nord	LE-TOUQUET	<i>Cerastoderma edule</i>	69	68	2013-2018	Pas d'effet	
15	Berck Bellevue	LE-TOUQUET	<i>Mytilus edulis</i>	36	34	2013-2018	Pas d'effet	
16	Pointe de St Quentin	CAYEUX-SUR-MER	<i>Mytilus edulis</i>	70	59	2013-2018	C ₁₂₀	-0.27
17	Bois de Cise	CAYEUX-SUR-MER	<i>Mytilus edulis</i>	48	45	2013-2018	C ₁₂₀	-0.35
18	R6 Somme nord	CAYEUX-SUR-MER	<i>Cerastoderma edule</i>	69	65	2013-2018	Pas d'effet	
19	R11 Somme sud	CAYEUX-SUR-MER	<i>Cerastoderma edule</i>	57	56	2013-2018	P _{J-4}	0.22
20	Tréport	CAYEUX-SUR-MER	<i>Mytilus edulis</i>	34	33	2010-2015	P _{J-1}	0.38
21	Veules les roses	DIEPPE	<i>Crassostrea gigas</i>	73	52	2013-2018	Pas d'effet	

8.2 Zone 2 : de Cabourg à Barfleur

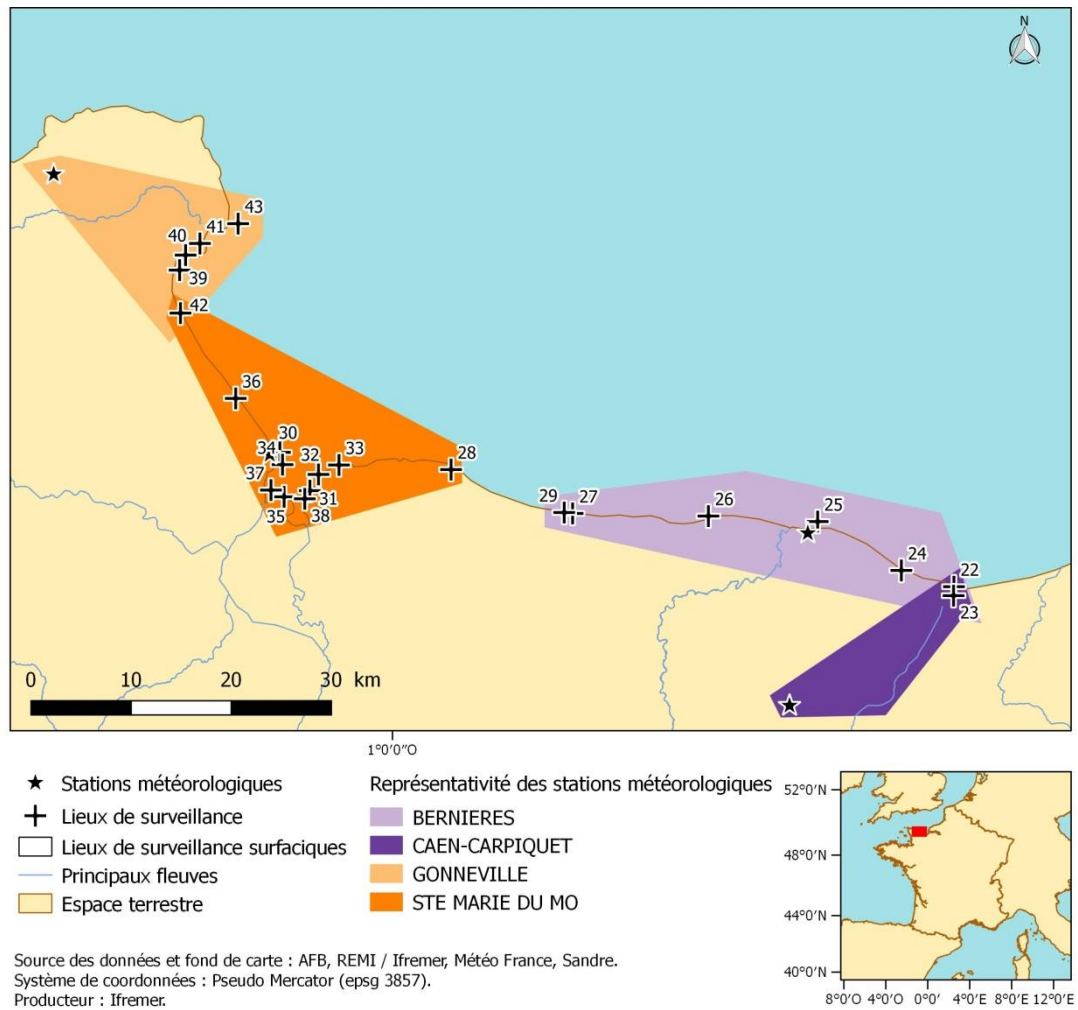


Figure 9. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France, de Cabourg à Barfleur. Le lecteur peut se référer à la Table 11 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 11. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés entre Cabourg et Barfleur. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 9. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
22	Franceville Oiseaux	BERNIERES	<i>Cerastoderma edule</i>	37	37	2013-2017	Pas d'effet	0.43
		CARPIQUET					P _{J-3}	
23	Pointe du Siège 2	BERNIERES	<i>Mytilus edulis</i>	60	54	2013-2018	C ₁₂₀	0.30
		CARPIQUET					C ₁₂₀	0.37
24	Hermanville (a)	BERNIERES	<i>Mytilus edulis</i>	33	27	2010-2018	Pas d'effet	
25	Bernières (a)	BERNIERES	<i>Mytilus edulis</i>	31	29	2013-2018	Pas d'effet	
26	Meuvaines ouest	BERNIERES	<i>Crassostrea gigas</i>	52	19	2013-2018	P _{J-1}	0.3
27	Port en Bessin	BERNIERES	<i>Mytilus edulis</i>	56	54	2013-2018	Pas d'effet	
28	Pointe de la Percée	STE MARIE DU MO	<i>Mytilus edulis</i>	59	48	2013-2018	Pas d'effet	
29	Port en Bessin Ouest	BERNIERES	<i>Mytilus edulis</i>	48	36	2013-2018	P _{J-1}	-0.32
30	Ste Marie du Mont nord	STE MARIE DU MO	<i>Mytilus edulis</i>	71	54	2013-2018	P _{J-1}	0.34
31	Bdv Géfosse sud ouest	STE MARIE DU MO	<i>Cerastoderma edule</i>	57	55	2013-2018	P _{J-4}	0.34
			<i>Crassostrea gigas</i>	44	26	2008-2011	C ₁₂₀	0.41
32	Bdv Grandcamp ouest	STE MARIE DU MO	<i>Crassostrea gigas</i>	72	34	2013-2018	C ₉₆	0.38
33	Bdv Grandcamp est	STE MARIE DU MO	<i>Crassostrea gigas</i>	71	20	2013-2018	C ₉₆	0.4
34	Ste Marie du Mont sud	STE MARIE DU MO	<i>Cerastoderma edule</i>	67	65	2013-2018	P _{J-5}	0.47
			<i>Mytilus edulis</i>	30	22	2009-2011	C ₉₆	0.48
35	Brévands ouest	STE MARIE DU MO	<i>Cerastoderma edule</i>	82	81	2013-2018	P _{J-2}	0.25
36	St Germain de Varreville	STE MARIE DU MO	<i>Mytilus edulis</i>	67	55	2013-2018	C ₁₂₀	0.27
37	Le Grand Vey	STE MARIE DU MO	<i>Cerastoderma edule</i>	67	66	2013-2018	C ₁₂₀	0.39
38	Géfosse Le Wigwam	STE MARIE DU MO	<i>Cerastoderma edule</i>	48	48	2014-2018	P _{J-4}	0.35
39	Morsalines	GONNEVILLE	<i>Crassostrea gigas</i>	55	37	2013-2018	Pas d'effet	
40	Anse Cul de Loup nord	GONNEVILLE	<i>Crassostrea gigas</i>	56	28	2013-2018	Pas d'effet	
41	Tocquaise	GONNEVILLE	<i>Crassostrea gigas</i>	76	21	2013-2018	Pas d'effet	
42	Lestre sud	GONNEVILLE	<i>Crassostrea gigas</i>	53	37	2013-2018	Pas d'effet	
		STE MARIE DU MO	<i>Crassostrea gigas</i>				Pas d'effet	
43	Reville (a)	GONNEVILLE	<i>Mytilus edulis</i>	32	6	2008-2014	Pas d'effet	

8.3 Zone 3 : de Saint-Lô-d'Ourville à Granville

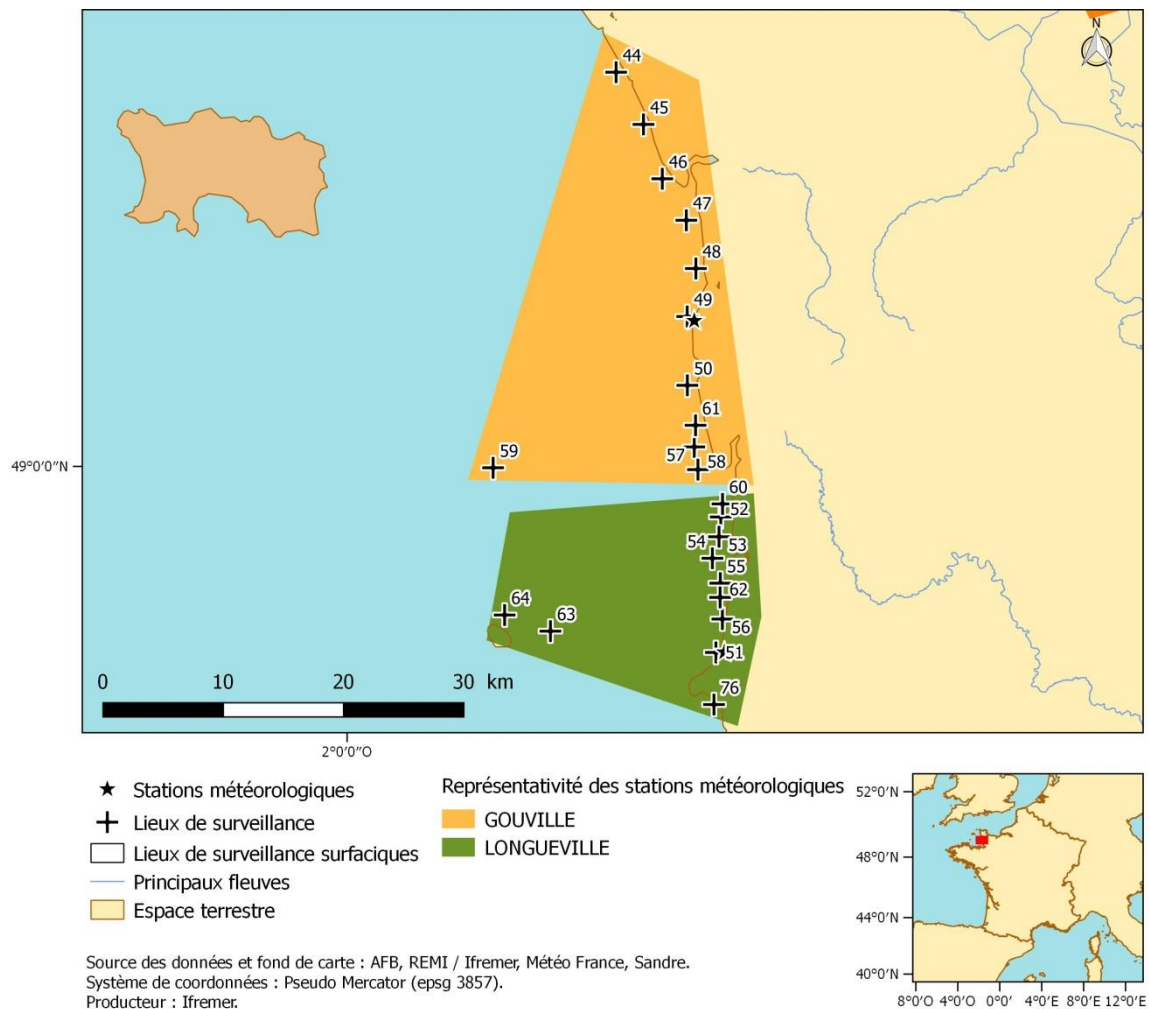


Figure 10. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France, de Saint-Lô-d'Ourville à Granville. Le lecteur peut se référer à la Table 12 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 12. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés entre Saint-Lô-d'Ourville et Granville. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 10. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
44	St Rémy des Landes	GOUVILLE	<i>Crassostrea gigas</i>	54	36	2013-2018	P _{J-2}	-0.26
45	Bretteville	GOUVILLE	<i>Crassostrea gigas</i>	54	31	2013-2018	C ₄₈	-0.48
46	St Germain sud	GOUVILLE	<i>Crassostrea gigas</i>	43	28	2013-2018	P _{J-2}	-0.44
47	Pirou nord Armanville	GOUVILLE	<i>Mytilus edulis</i>	82	78	2013-2018	C ₇₂	0.37
48	Pirou Bergerie Sud	GOUVILLE	<i>Crassostrea gigas</i>	64	44	2013-2018	Pas d'effet	
49	Gouville nord	GOUVILLE	<i>Crassostrea gigas</i>	72	42	2013-2018	Pas d'effet	
50	Blainville sud	GOUVILLE	<i>Crassostrea gigas</i>	73	36	2013-2018	P _{J-1}	0.32
51	Breville (a)	LONGUEVILLE	<i>Mytilus edulis</i>	57	45	2013-2018	P _{J-1}	0.42
52	Annoville	LONGUEVILLE	<i>Mytilus edulis</i>	92	86	2013-2018	C ₇₂	0.25
53	Lingreville	LONGUEVILLE	<i>Mytilus edulis</i>	74	58	2013-2018	C ₉₆	0.38
54	Bricqueville nord	LONGUEVILLE	<i>Mytilus edulis</i>	93	88	2013-2018	Pas d'effet	
55	Bricqueville sud	LONGUEVILLE	<i>Mytilus edulis</i>	86	49	2013-2018	C ₄₈	0.43
56	Coudeville	LONGUEVILLE	<i>Mytilus edulis</i>	62	47	2013-2018	P _{J-1}	0.5
57	Pointe Agon nord	GOUVILLE	<i>Mytilus edulis</i>	69	51	2013-2018	C ₇₂	0.46
58	Pointe Agon sud	GOUVILLE	<i>Mytilus edulis</i>	77	63	2013-2018	C ₉₆	0.52
59	Les Minquiers	GOUVILLE	<i>Glycymeris glycymeris</i>	30	3	2009-2018	Pas d'effet	
			<i>Venus verrucosa</i>	48	2	2013-2018	Pas d'effet	
60	hauteville sur mer	LONGUEVILLE	<i>Cerastoderma edule</i>	134	134	2013-2018	Pas d'effet	
61	Agon - Coutainville	GOUVILLE	<i>Ruditapes philippinarum</i>	73	73	2013-2018	P _{J-5}	0.26
62	Bréhal	LONGUEVILLE	<i>Ruditapes philippinarum</i>	99	97	2013-2018	Pas d'effet	
63	Chausey	LONGUEVILLE	<i>Mytilus edulis</i>	70	8	2013-2018	Pas d'effet	
64	Chausey - Satmar	LONGUEVILLE	<i>Tapes</i>	72	16	2013-2018	Pas d'effet	
76	Hacqueville	LONGUEVILLE	<i>Crassostrea gigas</i>	52	51	2013-2017	Pas d'effet	

8.4 Zone 4 : de Champeaux à Saint-Quay-Portrieux

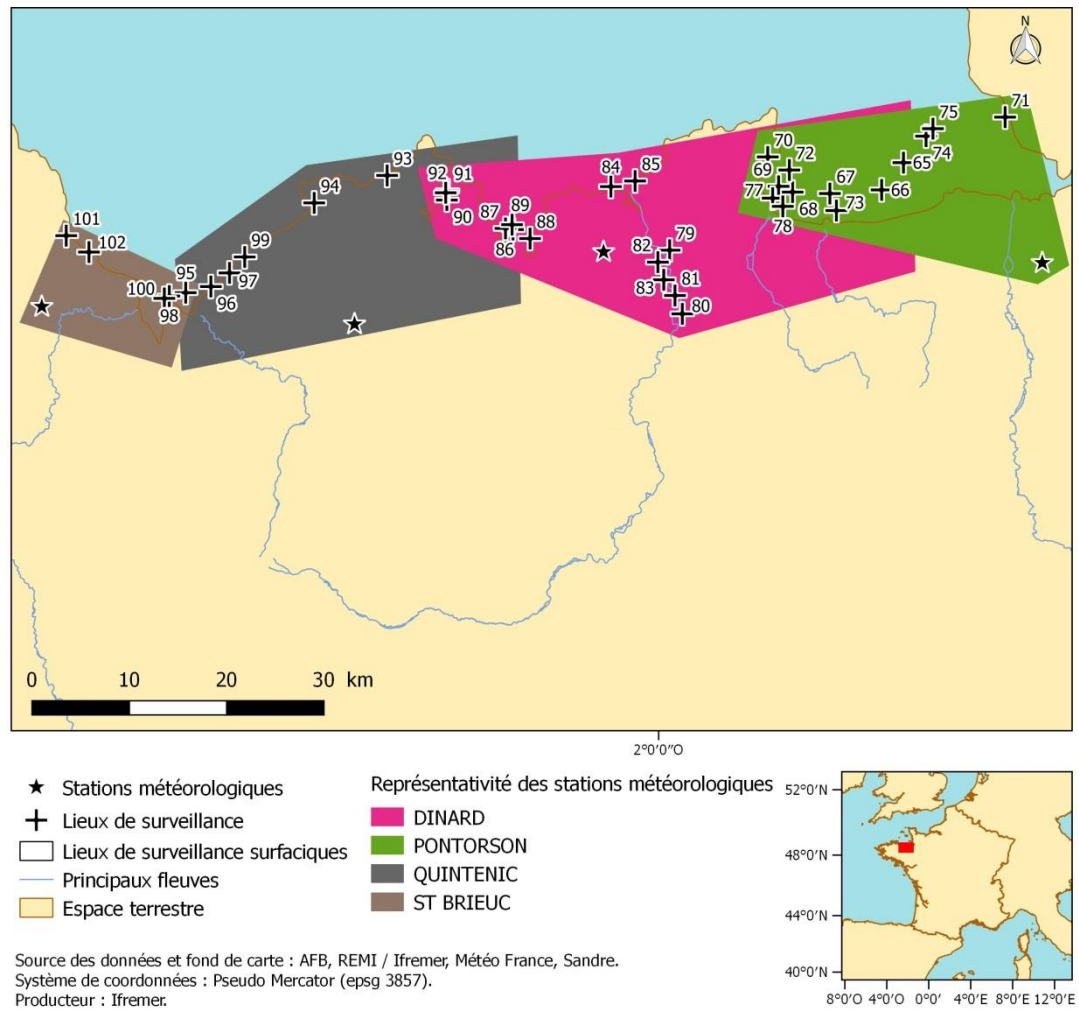


Figure 11. Localisation des lieux de surveillance microbologique et des stations Météo France, de Champeaux à Saint-Quay-Portrieux. Le lecteur peut se référer à la Table 13 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 13. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés entre Champeaux et Saint-Quay-Portrieux. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 11. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
65	Hermelles 1	DINARD	<i>Mytilus edulis</i>	49	42	2013-2017	Pas d'effet	0.28
		PONTORSON					C ₉₆	
66	Cherrueix 1	DINARD	<i>Mytilus edulis</i>	52	25	2013-2017	Pas d'effet	
		PONTORSON					Pas d'effet	
67	Vieux plan Est	DINARD	<i>Mytilus edulis</i>	54	49	2013-2017	P _{J-2}	0.32
		PONTORSON					P _{J-2}	0.25
68	St Benoît 3	DINARD	<i>Crassostrea gigas</i>	42	21	2013-2017	C ₄₈	0.45
		PONTORSON					C ₄₈	0.39
69	Cancalle sud	DINARD	<i>Crassostrea gigas</i>	48	22	2013-2017	P _{J-3}	0.30
		PONTORSON					P _{J-2}	0.34
70	Hock nord	DINARD	<i>Crassostrea gigas</i>	60	39	2013-2017	Pas d'effet	
		PONTORSON					Pas d'effet	
71	Dragey	PONTORSON	<i>Cerastoderma edule</i>	65	65	2013-2017	P _{J-1}	0.22
72	Cancalle eau profonde	DINARD	<i>Crepidula fornicata</i>	34	13	2013-2017		
		PONTORSON						
		DINARD	<i>Ostrea edulis</i>	34	10	2013-2017	C ₁₂₀	0.65
		PONTORSON					C ₁₂₀	0.62
73	Biez est réserve	DINARD	<i>Mytilus edulis</i>	32	30	2013-2017		
		PONTORSON					C ₄₈	-0.33
		DINARD	<i>Ruditapes philippinarum</i>	36	27	2013-2017	P _{J-2}	0.42
		PONTORSON					P _{J-2}	0.32
74	Baie St Michel est 5	PONTORSON	<i>Mytilus edulis</i>	46	40	2013-2017	Pas d'effet	
75	Baie St Michel est 6	PONTORSON	<i>Mytilus edulis</i>	35	32	2012-2015	P _{J-5}	0.28
77	St Benoit	DINARD	<i>Ruditapes philippinarum</i>	47	30	2013-2017	Pas d'effet	
		PONTORSON					Pas d'effet	
78	Vildé	DINARD	<i>Ruditapes philippinarum</i>	48	32	2013-2017	Pas d'effet	
		PONTORSON					Pas d'effet	
79	Pointe du Puits	DINARD	<i>Cerastoderma edule</i>	60	60	2013-2017	C ₇₂	0.38
			<i>Crassostrea gigas</i>	39	27	2013-2017	C ₁₂₀	0.53
80	Ville Ger	DINARD	<i>Ruditapes philippinarum</i>	64	54	2013-2017	C ₉₆	0.35

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
81	Souhaitier	DINARD	<i>Cerastoderma edule</i>	69	66	2013-2017	C ₁₂₀	0.35
82	Minihic Le Marais	DINARD	<i>Cerastoderma edule</i>	64	58	2013-2017	C ₁₂₀	0.33
83	Pointe du Châtelet	DINARD	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	67	61	2013-2017	C ₁₂₀	0.38
84	St Enogat	DINARD	<i>Spisula solida</i>	63	54	2013-2017	Pas d'effet	
85	Grand Bé	DINARD	<i>Cerastoderma edule</i>	34	33	2013-2016	C ₁₂₀	0.45
			<i>Ruditapes philippinarum</i>	30	24	2006-2017	Pas d'effet	
86	Arguenon coques	DINARD	<i>Cerastoderma edule</i>	49	45	2013-2017	P _{J-3}	0.28
		QUINTENIC					C ₇₂	0.28
87	Arguenon pt g5	DINARD	<i>Mytilus edulis</i>	60	59	2013-2017	P _{J-3}	0.29
		QUINTENIC					P _{J-3}	0.25
88	La Manchette	DINARD	<i>Cerastoderma edule</i>	65	65	2013-2017	Pas d'effet	
89	Arguenon pt g'1	DINARD	<i>Crassostrea gigas</i>	60	49	2013-2017	C ₇₂	0.35
		QUINTENIC					C ₇₂	0.34
90	Fresnaie coques	DINARD	<i>Cerastoderma edule</i>	64	64	2013-2017	P _{J-1}	0.24
		QUINTENIC					P _{J-1}	0.25
91	Fresnaie f5	DINARD	<i>Mytilus edulis</i>	67	65	2013-2017	C ₇₂	0.29
		QUINTENIC					C ₇₂	0.34
92	Fresnaie f'5	DINARD	<i>Crassostrea gigas</i>	66	58	2013-2017	Pas d'effet	
		QUINTENIC					Pas d'effet	
93	Le Vieux Bourg	QUINTENIC	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	48	48	2013-2016	C ₇₂	0.35
94	Erquy La Houssaie	QUINTENIC	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	48	48	2013-2016	P _{J-3}	0.3
95	Morieux point a5	QUINTENIC	<i>Cerastoderma edule</i>	41	41	2007-2009	C ₉₆	0.26
		ST BRIEUC					C ₄₈	0.27
		QUINTENIC	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	61	59	2013-2017	P _{J-5}	0.23
		ST BRIEUC					P _{J-5}	0.24
96	Morieux point b5	QUINTENIC	<i>Mytilus</i>	58	54	2013-2017	P _{J-3}	0.45
97	Morieux point c7	QUINTENIC	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	39	33	2013-2017	C ₄₈	0.37
98	Morieux Z1	ST BRIEUC	<i>Cerastoderma edule</i>	62	56	2013-2017	P _{J-4}	0.31
			<i>Mytilus galloprovincialis</i>	60	56	2013-2017	C ₁₂₀	0.35
99	Dahouët	QUINTENIC	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	52	52	2013-2016	C ₁₂₀	0.23
100	Saint-Brieuc coques	ST BRIEUC	<i>Cerastoderma edule</i>	47	41	2013-2017	C ₁₂₀	0.46
101	La Banche-Binic	ST BRIEUC	<i>Cerastoderma edule</i>	46	43	2013-2017	P _{J-3}	0.46
102	Le Petit Havre	ST BRIEUC	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	36	36	2013-2015	C ₄₈	0.51

8.5 Zone 5 : de Plouezec à Penvenan

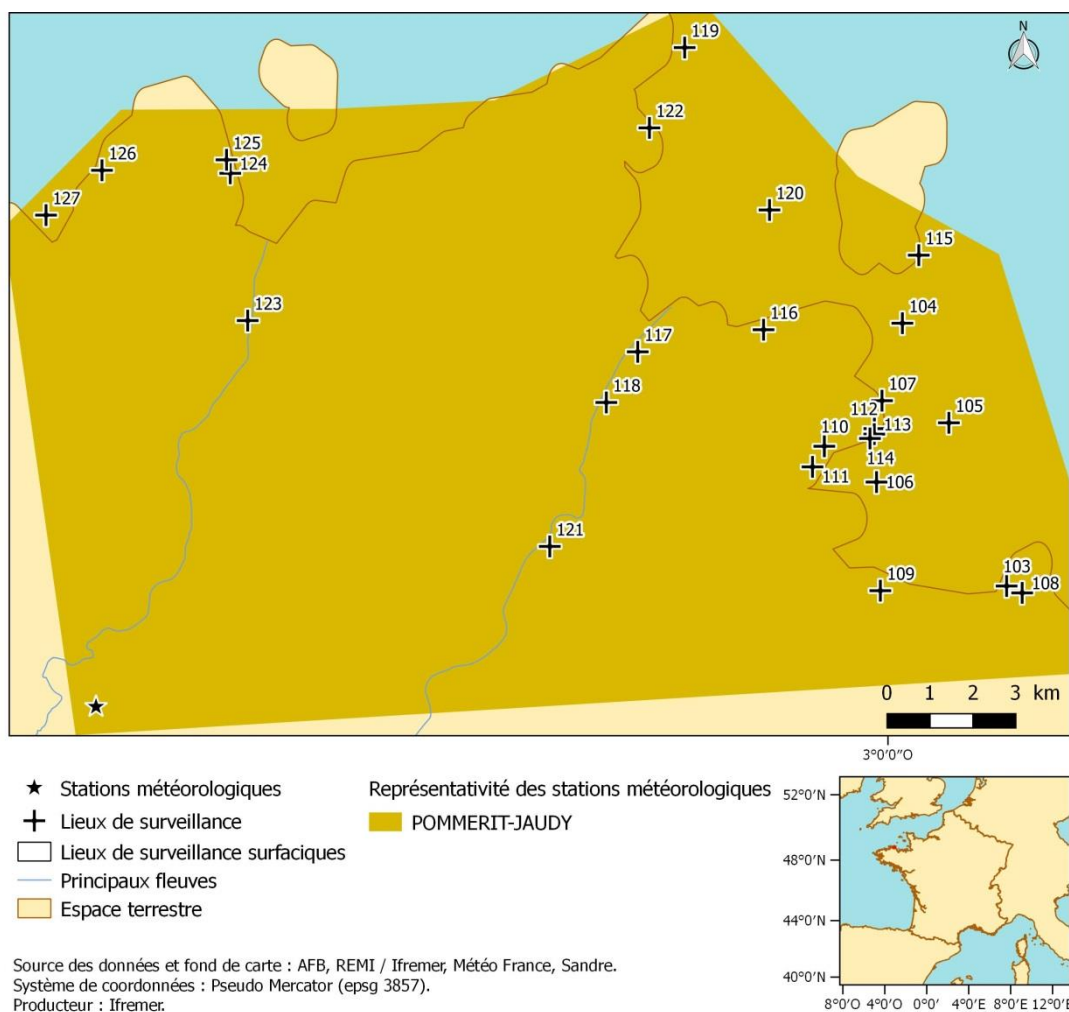


Figure 12. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France, de Plouezec à Penvenan. Le lecteur peut se référer à la Table 14 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 14. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés entre Plouezec et Penvenan. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 12. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
103	Port Lazo	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	59	45	2013-2017	C ₇₂	0.44
104	Ile Blanche	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	49	33	2013-2017	P _{J-3}	0.33
105	St Riom	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	48	34	2013-2017	C ₇₂	-0.44
106	Baie de Paimpol centre	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	62	59	2013-2017	Pas d'effet	
107	La Trinité	POMMERIT-JAUDY	<i>Venus verrucosa</i>	30	25	2013-2017	Pas d'effet	
108	Port Lazo dépôt	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	39	24	2011-2013	P _{J-3}	0.27
109	Kerarzic dépôt	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	39	20	2011-2013	C ₇₂	0.5
110	Kerroch dépôt	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	39	25	2011-2013	Pas d'effet	
111	Pors Don dépôt	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	37	21	2011-2013	P _{J-1}	0.43
112	Pors Even nord	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	40	26	2011-2013	Pas d'effet	
113	Pors Even médian	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	39	19	2011-2013	P _{J-1}	0.53
114	Pors Even sud	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	37	24	2011-2013	P _{J-1}	0.42
115	Logodec	POMMERIT-JAUDY	<i>Mytilus edulis</i>	32	27	2011-2016	C ₁₂₀	0.54
116	Beg Nod (a)	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	59	37	2013-2017	P _{J-1}	-0.25
117	Mellus	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	36	28	2013-2017	P _{J-4}	0.38
118	Coz Castel	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	31	24	2013-2017	P _{J-4}	0.48
119	Talberg	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	54	23	2013-2017	P _{J-5}	0.37
120	Ile Verte	POMMERIT-JAUDY	<i>Mytilus edulis</i>	43	40	2013-2017	Pas d'effet	
121	Le Ledano	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	30	25	2013-2017	P _{J-2}	0.44
122	Penn Lann	POMMERIT-JAUDY	<i>Cerastoderma edule</i>	49	48	2013-2017	Pas d'effet	
123	Roche Jaune - Roche Gorec	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	36	29	2013-2017	P _{J-3}	0.29
124	Le Castel	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	49	26	2013-2017	Pas d'effet	
125	Le Castel 2	POMMERIT-JAUDY	<i>Ruditapes philippinarum</i>	39	30	2012-2017	Pas d'effet	
126	Port Scaff	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	32	15	2013-2017	P _{J-4}	0.36
127	Gouermel	POMMERIT-JAUDY	<i>Crassostrea gigas</i>	40	18	2013-2017	Pas d'effet	

8.6 Zone 6 : de Perros-guirec à Crozon

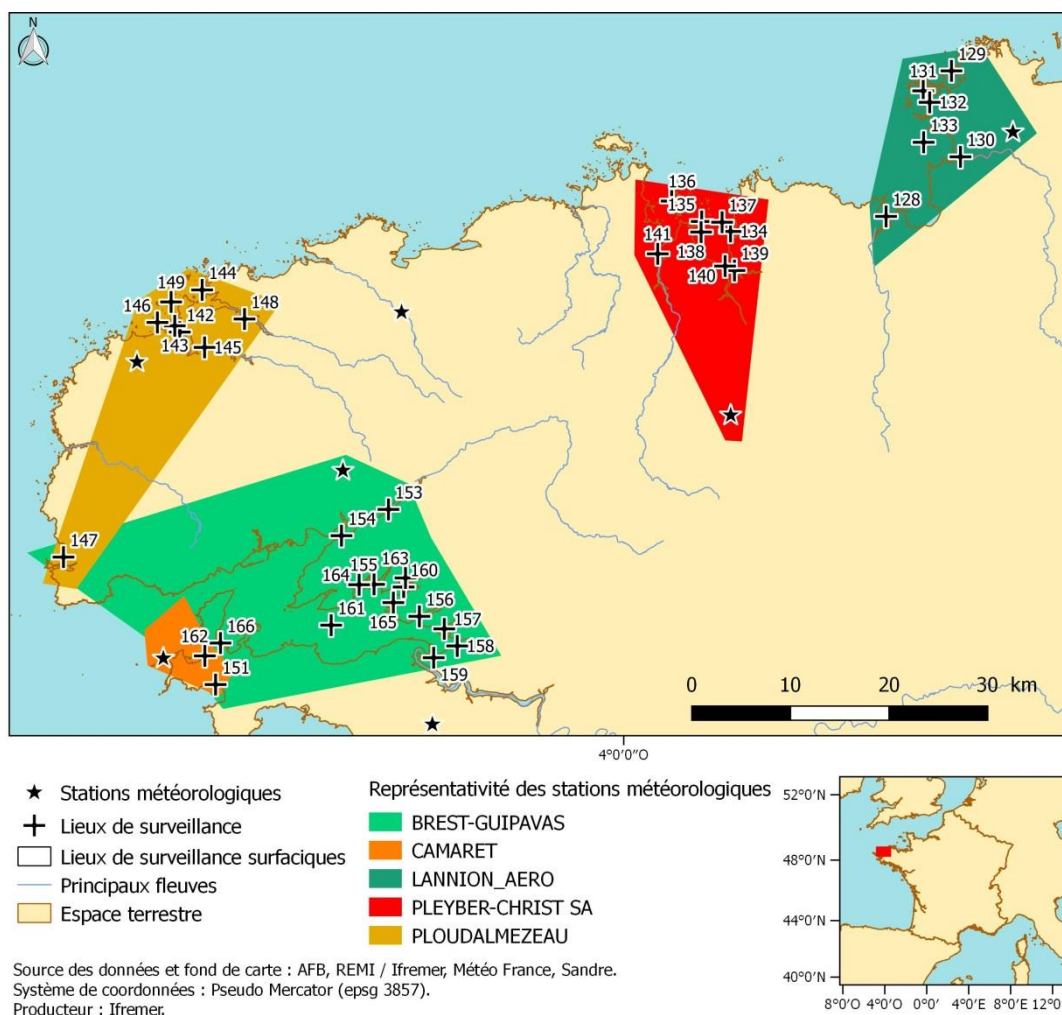


Figure 13. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France, de Perros-guirec à Crozon. Le lecteur peut se référer à la Table 15 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 15. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés entre Perros-guirec et Crozon. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 13. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
128	Le Douron	LANNION	<i>Cerastoderma edule</i>	77	73	2013-2018	P _{J-2}	-0.20
129	Landrellec	LANNION	<i>Crassostrea gigas</i>	47	33	2013-2017	P _{J-3}	0.27
130	Petit Taureau	LANNION	<i>Cerastoderma edule</i>	59	58	2013-2017	Pas d'effet	
131	Illaouec	LANNION	<i>Crassostrea gigas</i>	61	38	2013-2017	P _{J-2}	0.32
132	Goas Trez	LANNION	<i>Cerastoderma edule</i>	48	37	2013-2017	P _{J-3}	0.42
133	Trebeurden-Filières	LANNION	<i>Mytilus</i>	40	25	2013-2017	Pas d'effet	
134	Térénez	PLEYBER-CHRIST SA	<i>Crassostrea gigas</i>	63	57	2013-2018	Pas d'effet	
135	Eaux profondes	PLEYBER-CHRIST SA	<i>Crassostrea gigas</i>	34	24	2011-2018	Pas d'effet	
136	Ile Callot	PLEYBER-CHRIST SA	<i>Crassostrea gigas</i>	72	53	2013-2018	C ₄₈	0.39
137	Barnenez	PLEYBER-CHRIST SA	<i>Cerastoderma edule</i>	43	40	2015-2018	P _{J-1}	0.47
138	Pen al Lann	PLEYBER-CHRIST SA	<i>Crassostrea gigas</i>	62	54	2013-2018	C ₉₆	0.25
139	Le Dourduff	PLEYBER-CHRIST SA	<i>Crassostrea gigas</i>	49	47	2013-2018	C ₄₈	0.62
140	La Palud - Morlaix	PLEYBER-CHRIST SA	<i>Ruditapes philippinarum</i>	44	41	2015-2018	P _{J-3}	-0.33
141	Pont de la Corde	PLEYBER-CHRIST SA	<i>Crassostrea gigas</i>	67	65	2013-2018	P _{J-4}	0.27
142	Le Vill	PLOUDALMEZEAU	<i>Crassostrea gigas</i>	54	53	2013-2018	C ₇₂	0.34
143	Brouennou	PLOUDALMEZEAU	<i>Cerastoderma edule</i>	52	50	2013-2018	Pas d'effet	
144	Ile Wrac'h	PLOUDALMEZEAU	<i>Crassostrea gigas</i>	36	34	2013-2018	P _{J-3}	0.28
145	Keramoal	PLOUDALMEZEAU	<i>Crassostrea gigas</i>	73	71	2013-2018	P _{J-2}	0.39
146	Trevors	PLOUDALMEZEAU	<i>Mytilus edulis</i>	57	51	2013-2018	P _{J-2}	0.36
147	Blancs Sablons	Guipavas	<i>Donax trunculus</i>	46	38	2013-2018	Pas d'effet	
		PLOUDALMEZEAU	<i>Donax trunculus</i>	46	38	2013-2018	Pas d'effet	
148	Aber Wrach - Paluden	PLOUDALMEZEAU	<i>Crassostrea gigas</i>	43	42	2013-2018	P _{J-3}	0.33
149	Ile Tariec	PLOUDALMEZEAU	<i>Crassostrea gigas</i>	67	50	2013-2018	Pas d'effet	
151	Dinan Kerloc'h	Camaret	<i>Donax trunculus</i>	43	35	2013-2018	P _{J-5}	-0.30
		Guipavas	<i>Donax trunculus</i>	43	35	2013-2018	P _{J-5}	-0.32
153	Pen an Trein (a)	Guipavas	<i>Crassostrea gigas</i>	75	74	2013-2018	Pas d'effet	
154	Le Passage (b)	Guipavas	<i>Crassostrea gigas</i>	39	35	2013-2018	C ₁₂₀	0.33
155	Rossermeur	Guipavas	<i>Crassostrea gigas</i>	43	37	2013-2018	C ₇₂	0.31
			<i>Tapes</i>	83	82	2013-2018	Pas d'effet	
156	Kernisi	Guipavas	<i>Crassostrea gigas</i>	46	40	2013-2018	C ₄₈	0.41

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
157	Anse Keroulle	Guipavas	<i>Crassostrea gigas</i>	47	47	2013-2018	P _{J-1}	0.43
158	Le Prioldy	Guipavas	<i>Crassostrea gigas</i>	36	33	2013-2018	C ₇₂	0.5
159	Prat ar Coachou	Guipavas	<i>Crassostrea gigas</i>	42	39	2013-2018	P _{J-1}	0.37
160	Kersanton	Guipavas	<i>Crassostrea gigas</i>	52	42	2013-2018	P _{J-3}	-0.25
161	Gisement rade	Guipavas	<i>Mytilus edulis</i>	33	28	2010-2014	C ₉₆	0.29
162	Pointe Ste Barbe	Camaret	<i>Mytilus edulis</i>	51	37	2013-2018	Pas d'effet	
		Guipavas	<i>Mytilus edulis</i>	51	37	2013-2018	Pas d'effet	
163	Baie de Lanveur	Guipavas	<i>Ruditapes philippinarum</i>	80	73	2013-2018	Pas d'effet	
164	Saint Trémeur	Guipavas	<i>Crassostrea gigas</i>	54	47	2013-2018	P _{J-1}	0.32
165	Roscurunet	Guipavas	<i>Crassostrea gigas</i>	36	28	2013-2018	C ₁₂₀	0.37
166	Persuel	Guipavas	<i>Crassostrea gigas</i>	42	30	2013-2018	Pas d'effet	

8.7 Zone 7 : de Saint-Nic à Plouhinec

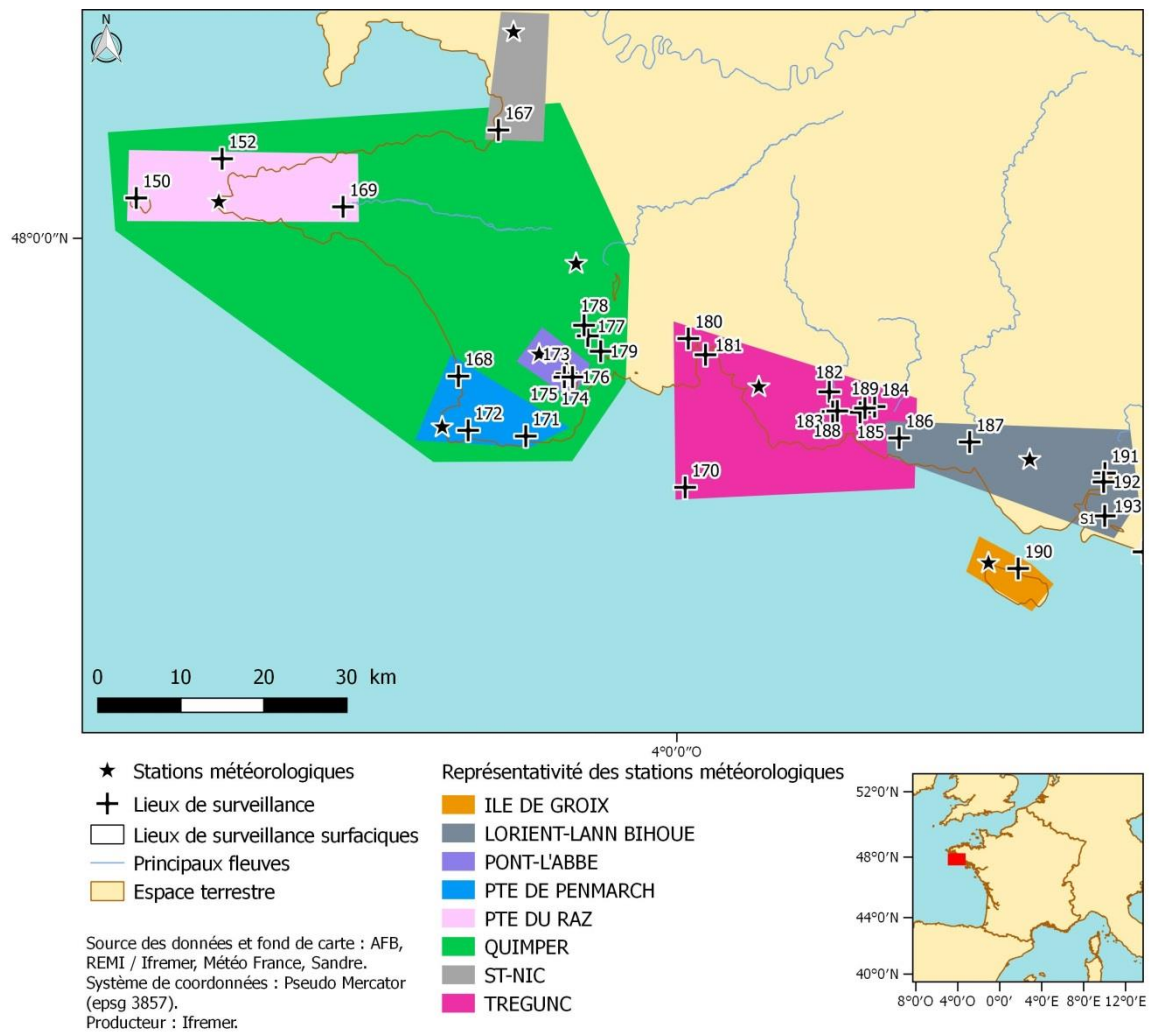


Figure 14. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France, de Saint-Nic à Plouhinec. Le lecteur peut se référer à la Table 16 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 16. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés entre Saint-Nic et Plouhinec. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 14. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
150	Ile de Sein	PTE DU RAZ	<i>Crassostrea gigas</i>	54	21	2013-2018	Pas d'effet	
		Quimper		55	22		Pas d'effet	
152	Basse Jaune	PTE DU RAZ	<i>Glycymeris glycymeris</i>	34	3	2013-2018	Pas d'effet	
		Quimper						Pas d'effet
167	Kervel	Quimper	<i>Donax trunculus</i>	41	38	2013-2018	C ₉₆	0.36
		Saint Nic						C ₉₆
168	Tronoen	Penmarc'h	<i>Donax trunculus</i>	55	37	2013-2018	P _{J-3}	0.26
		Quimper		57	38	2013-2018	P _{J-3}	0.29
169	Suguensou	PTE DU RAZ	<i>Crassostrea gigas</i>	70	70	2013-2018	Pas d'effet	
		Quimper		71	71	2013-2018	Pas d'effet	
170	Les Glénan	TREGUNC	<i>Polititapes rhomboïdes</i>	73	11	2013-2018	Pas d'effet	
171	Skividen	Penmarc'h	<i>Crassostrea gigas</i>	43	8	2013-2018	Pas d'effet	
		Quimper						Pas d'effet
172	Toul ar Ster ouest	Penmarc'h	<i>Crassostrea gigas</i>	33	32	2013-2018	C ₄₈	0.64
		Quimper						C ₉₆
173	Ile Chevalier	Pont l'Abbé	<i>Crassostrea gigas</i>	35	31	2011-2017	Pas d'effet	
		Quimper						P _{J-3}
174	Pointe Chevalier Ouest	Pont l'Abbé	<i>Cerastoderma edule</i>	74	68	2013-2018	C ₄₈	0.39
		Quimper						P _{J-1}
175	Pointe Chevalier	Pont l'Abbé	<i>Crassostrea gigas</i>	45	42	2013-2018	C ₄₈	0.3
		Quimper						C ₄₈
176	Le Bois	Pont l'Abbé	<i>Cerastoderma edule</i>	65	64	2013-2018	C ₄₈	0.38
		Quimper						P _{J-1}
177	Combrit (a)	Quimper	<i>Crassostrea gigas</i>	63	63	2013-2018	C ₉₆	0.42
178	Kerouzien	Quimper	<i>Crassostrea gigas</i>	72	70	2013-2018	P _{J-4}	0.25
179	Pors Keriel	Quimper	<i>Cerastoderma edule</i>	43	43	2013-2017	Pas d'effet	
180	Penfoulic	TREGUNC	<i>Cerastoderma edule</i>	83	80	2013-2018	P _{J-1}	0.39
			<i>Crassostrea gigas</i>	53	51	2013-2018	P _{J-1}	0.57
181	Le Scoré	TREGUNC	<i>Mytilus edulis</i>	49	38	2013-2018	Pas d'effet	
182	Le Henant	TREGUNC	<i>Crassostrea gigas</i>	76	76	2013-2018	P _{J-1}	0.50
183	Poulguin	TREGUNC	<i>Crassostrea gigas</i>	51	47	2013-2018	C ₄₈	0.36

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
184	Sainte Thumette	TREGUNC	<i>Crassostrea gigas</i>	74	71	2013-2018	C ₄₈	0.29
185	Bélon	TREGUNC	<i>Crassostrea gigas</i>	53	50	2013-2018	C ₄₈	0.48
186	Trénoat	Lorient - Lann Bihoue	<i>Crassostrea gigas</i>	62	58	2013-2018	P _{J-1}	0.39
		TREGUNC	<i>Crassostrea gigas</i>	62	58	2013-2018	P _{J-1}	0.40
187	Porsmorc (a)	Lorient - Lann Bihoue	<i>Crassostrea gigas</i>	47	47	2013-2018	C ₄₈	0.40
188	Coat Melen	TREGUNC	<i>Cerastoderma edule</i>	85	80	2013-2018	P _{J-1}	0.33
189	Kermeur aval	TREGUNC	<i>Cerastoderma edule</i>	50	46	2013-2018	C ₉₆	0.30
190	Groix nord	Ile de Groix	<i>Mytilus</i>	84	47	2013-2018	C ₁₂₀	0.52
191	Galèze	Lorient - Lann Bihoue	<i>Mytilus</i>	35	34	2012-2016	P _{J-4}	0.34
192	Sterbouest	Lorient - Lann Bihoue	<i>Ruditapes philippinarum</i>	69	68	2013-2018	C ₄₈	0.46
193	Ile Kerner	Lorient - Lann Bihoue	<i>Crassostrea gigas</i>	54	42	2013-2018	C ₁₂₀	0.38
		Lorient - Lann Bihoue	<i>Tapes</i>	40	37	2013-2015	C ₄₈	0.53
S1	Ban Gâvres estran	Lorient - Lann Bihoue	<i>Cerastoderma edule</i>	37	32	2016-2018	C ₇₂	0.54

8.8 Zone 8 : de Plouhinic à Pornichet

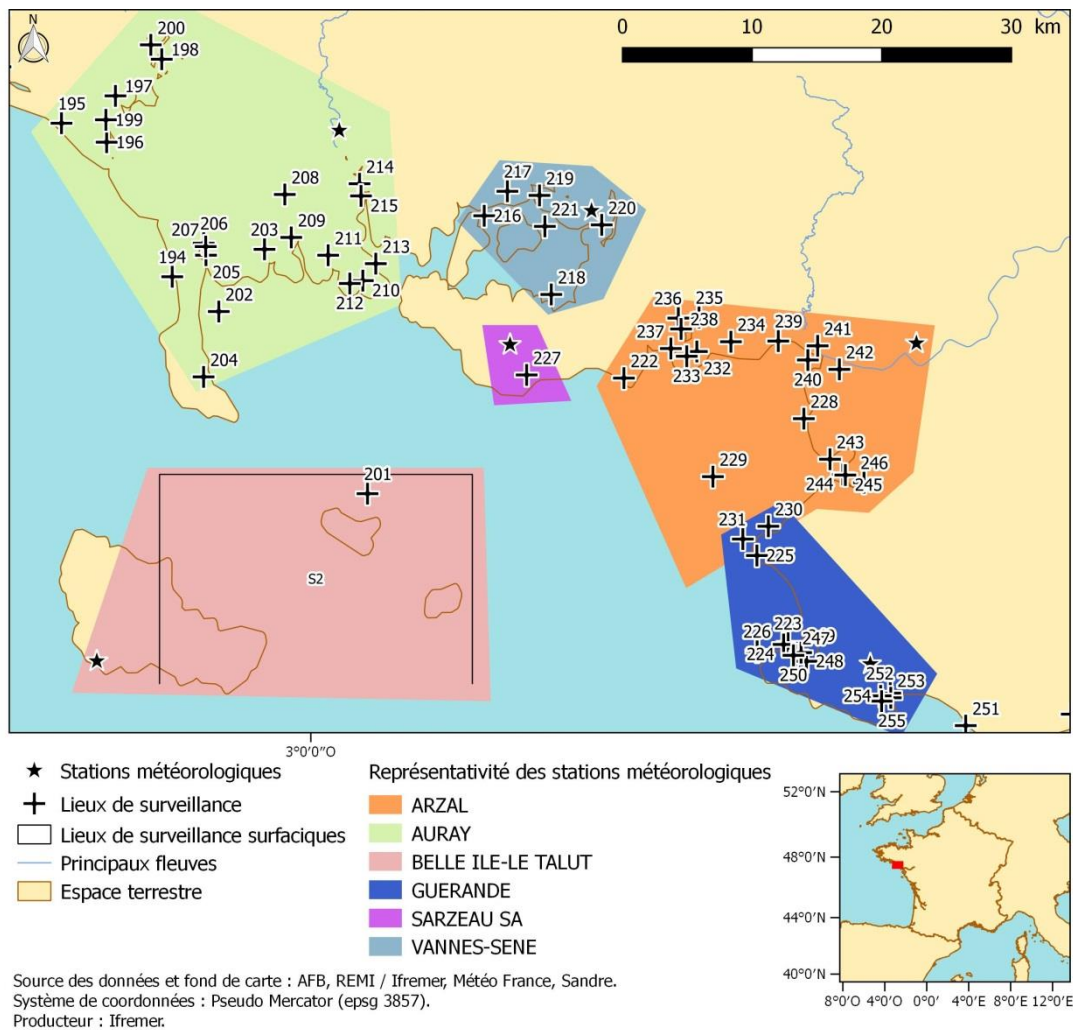


Figure 15. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France, de Plouhinic à Pornichet. Le lecteur peut se référer à la Table 17 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 17. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés entre Plouhinc et Pornichet. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 15. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
194	Penthièvre	Auray	<i>Donax trunculus</i>	51	32	2013-2018	Pas d'effet	
195	Magouéro	Auray	<i>Mytilus edulis</i>	35	17	2014-2018	Pas d'effet	
196	Le Pradic	Auray	<i>Cerastoderma edule</i>	63	57	2014-2018	Pas d'effet	
197	Beg er Vil	Auray	<i>Crassostrea gigas</i>	82	63	2013-2018	P _{J-1}	0.51
198	La Côte	Auray	<i>Crassostrea gigas</i>	81	64	2013-2018	C ₉₆	0.3
			<i>Ruditapes philippinarum</i>	38	37	2012-2014	Pas d'effet	
199	Roquenec	Auray	<i>Crassostrea gigas</i>	84	60	2013-2018	P _{J-1}	0.37
200	Le Plec	Auray	<i>Ruditapes philippinarum</i>	55	54	2015-2018	P _{J-1}	0.31
201	Houat	Belle Ile - le Talut	<i>Mytilus</i>	31	10	2016-2018	C ₁₂₀	0.37
202	Men er Roue	Auray	<i>Crassostrea gigas</i>	57	4	2013-2018	C ₁₂₀	0.52
203	Men Du 2	Auray	<i>Cerastoderma edule</i>	60	52	2014-2018	P _{J-1}	0.29
204	Kermorvan	Auray	<i>Crassostrea gigas</i>	45	27	2015-2018	Pas d'effet	
205	Kerivor	Auray	<i>Crassostrea gigas</i>	45	33	2013-2018	Pas d'effet	
206	Le Po	Auray	<i>Crassostrea gigas</i>	45	32	2013-2018	P _{J-4}	0.25
207	St Colomban	Auray	<i>Ruditapes philippinarum</i>	63	49	2013-2018	Pas d'effet	
208	Kerlearec	Auray	<i>Crassostrea gigas</i>	39	30	2013-2018	C ₁₂₀	0.58
209	Les Presses	Auray	<i>Crassostrea gigas</i>	84	51	2013-2018	C ₇₂	0.54
			<i>Ruditapes philippinarum</i>	49	43	2013-2018	P _{J-3}	0.25
210	Les Boureseaux	Auray	<i>Ruditapes philippinarum</i>	59	39	2014-2018	Pas d'effet	
211	Karrec-Rouz	Auray	<i>Crassostrea gigas</i>	74	23	2013-2018	C ₄₈	0.24
			<i>Ruditapes philippinarum</i>	36	27	2011-2017	Pas d'effet	
212	Breneguy	Auray	<i>Crassostrea gigas</i>	74	32	2013-2018	Pas d'effet	
213	Le Guilvin	Auray	<i>Crassostrea gigas</i>	73	36	2013-2018	C ₉₆	0.42
			<i>Ruditapes philippinarum</i>	38	29	2012-2016	P _{J-1}	0.27
214	Rohello	Auray	<i>Ruditapes philippinarum</i>	35	35	2013-2016	C ₁₂₀	0.39
215	Le Parun	Auray	<i>Crassostrea gigas</i>	46	35	2013-2018	P _{J-1}	0.4
216	Spiren	Vannes-Sene	<i>Crassostrea gigas</i>	81	38	2013-2018	P _{J-1}	0.37
217	Roguedas	Vannes-Sene	<i>Crassostrea gigas</i>	43	28	2013-2018	P _{J-3}	0.27
218	Truscat	Vannes-Sene	<i>Ruditapes philippinarum</i>	45	31	2013-2018	Pas d'effet	
219	Le Badel	Vannes-Sene	<i>Ruditapes philippinarum</i>	57	47	2013-2018	P _{J-5}	0.27

220	Le Hézo	Vannes-Sene	<i>Crassostrea gigas</i>	56	41	2013-2018	P _{J-1}	0.39
			<i>Ruditapes philippinarum</i>	56	52	2013-2018	P _{J-1}	0.51
221	Lern	Vannes-Sene	<i>Ruditapes philippinarum</i>	53	45	2013-2018	P _{J-3}	0.4
222	Pointe de Penvins	Arzal	<i>Crassostrea gigas</i>	47	19	2014-2018	Pas d'effet	
223	Barres de Pen Bron 1	GUERANDE	<i>Mytilus edulis</i>	43	25	2013-2018	C ₄₈	0.39
224	Barres de Pen Bron 2	GUERANDE	<i>Cerastoderma edule</i>	67	62	2013-2018	C ₇₂	0.38
225	Lanroué	GUERANDE	<i>Mytilus edulis</i>	69	42	2013-2018	C ₇₂	0.24
226	Castouillet	GUERANDE	<i>Mytilus edulis</i>	66	44	2013-2018	P _{J-1}	0.33
227	Kerignard	SARZEAU SA	<i>Crassostrea gigas</i>	48	21	2014-2018	P _{J-3}	0.38
228	Le Marescle	Arzal	<i>Mytilus edulis</i>	79	55	2013-2018	Pas d'effet	
229	Ile Dumet (a)	Arzal	<i>Mytilus edulis</i>	69	8	2013-2018	Pas d'effet	
230	Ligogne	Arzal	<i>Mytilus edulis</i>	39	27	2013-2018	Pas d'effet	
		GUERANDE					Pas d'effet	
231	Pointe Castelli	Arzal	<i>Mytilus edulis</i>	51	34	2013-2018	P _{J-4}	-0.25
		GUERANDE					Pas d'effet	
232	Pointe du Bil	Arzal	<i>Crassostrea gigas</i>	34	17	2014-2018	Pas d'effet	
233	Le Govet	Arzal	<i>Crassostrea gigas</i>	47	17	2014-2018	C ₁₂₀	0.74
234	Landrezac	Arzal	<i>Crassostrea gigas</i>	47	18	2014-2018	Pas d'effet	
235	Port Groix	Arzal	<i>Crassostrea gigas</i>	67	43	2013-2018	Pas d'effet	
			<i>Ruditapes philippinarum</i>	42	38	2012-2015	C ₄₈	0.34
236	Pentes	Arzal	<i>Crassostrea gigas</i>	52	32	2013-2018	Pas d'effet	
237	Le Diben	Arzal	<i>Crassostrea gigas</i>	73	27	2013-2018	C ₄₈	0.5
238	Pencadenic	Arzal	<i>Ruditapes philippinarum</i>	34	32	2015-2018	P _{J-5}	0.32
239	Kervoyal	Arzal	<i>Mytilus edulis</i>	37	31	2013-2018	P _{J-3}	0.43
240	Le Halguen	Arzal	<i>Mytilus edulis</i>	81	65	2013-2018	Pas d'effet	
241	Les Granges	Arzal	<i>Mytilus edulis</i>	44	34	2013-2018	C ₄₈	0.42
242	Le Branzais	Arzal	<i>Ruditapes philippinarum</i>	31	24	2012-2018	Pas d'effet	
243	Pont-Mahé	Arzal	<i>Mytilus edulis</i>	46	27	2013-2018	P _{J-2}	0.28
244	Pointe Pen Bé	ARZAL	<i>Crassostrea gigas</i>	44	24	2013-2018	P _{J-5}	0.31
245	Traict Pen Bé	ARZAL	<i>Ruditapes philippinarum</i>	80	75	2013-2018	C ₁₂₀	0.31
246	Le Frostidié	ARZAL	<i>Crassostrea gigas</i>	42	36	2013-2018	C ₄₈	0.36
247	Balise 1	GUERANDE	<i>Cerastoderma edule</i>	79	65	2013-2018	C ₁₂₀	0.41
248	Grand Traict 2	GUERANDE	<i>Cerastoderma edule</i>	79	69	2013-2018	P _{J-1}	0.32

249	Sissable	GUERANDE	<i>Cerastoderma edule</i>	66	46	2013-2018	C ₁₂₀	0.47
			<i>Tapes</i>	30	23	2006-2018	Pas d'effet	
250	Balise 2	GUERANDE	<i>Crassostrea gigas</i>	76	51	2013-2018	Pas d'effet	
252	Plage Benoît 11	GUERANDE	<i>Cerastoderma edule</i>	74	64	2013-2018	C ₄₈	0.36
253	Impairs	GUERANDE	<i>Mytilus edulis</i>	54	44	2013-2018	C ₄₈	0.31
254	Plage du Nau	GUERANDE	<i>Cerastoderma edule</i>	78	75	2013-2018	C ₁₂₀	0.36
255	Toullain	GUERANDE	<i>Mytilus edulis</i>	71	61	2014-2018	C ₁₂₀	0.46
S2	Belle-Ile	Belle Ile - le Talut	<i>Callista chione</i>	42	10	2015-2018	Pas d'effet	

8.9 Zone 9 : de Pornichet à Saint-Gilles-Croix-de-Vie

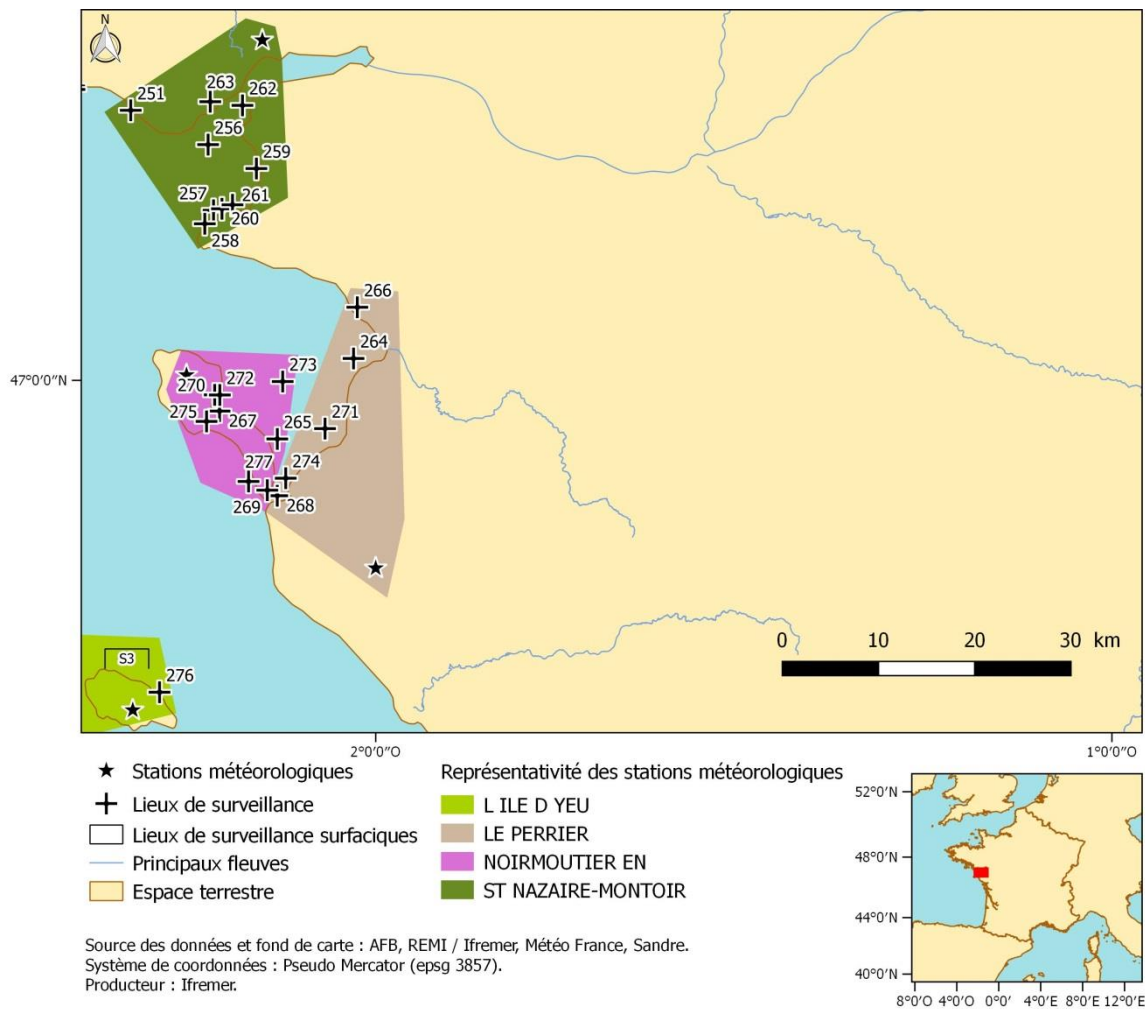


Figure 16. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France, de Pornichet à Saint-Gilles-Croix-de-Vie. Le lecteur peut se référer à la Table 18 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 18. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés entre Pornichet et Saint-Gilles-Croix-de-Vie. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 16. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
251	Bonne Source	ST NAZAIRE-MONTOIR	Mytilus edulis	40	36	2013-2018	P _{J-2}	0.32
256	Estuaire (b)	ST NAZAIRE-MONTOIR	Mytilus edulis	51	34	2013-2018	P _{J-1}	0.3
257	Joalland (b)	ST NAZAIRE-MONTOIR	Crassostrea gigas	74	36	2013-2018	C ₉₆	0.24
258	La Prée	ST NAZAIRE-MONTOIR	Crassostrea gigas	59	40	2013-2018	P _{J-2}	-0.28
259	La Roussellerie	ST NAZAIRE-MONTOIR	Mytilus edulis	40	36	2013-2018	P _{J-2}	0.48
260	Pointe du Mouton	ST NAZAIRE-MONTOIR	Mytilus edulis	45	43	2013-2018	C ₄₈	0.46
261	Cormorane	ST NAZAIRE-MONTOIR	Mytilus edulis	50	42	2013-2018	C ₇₂	0.46
262	Branly	ST NAZAIRE-MONTOIR	Ruditapes decussatus	35	35	2011-2014	P _{J-3}	0.31
263	Villes - Martin (c)	ST NAZAIRE-MONTOIR	Crassostrea gigas	34	32	2017-2018	C ₄₈	0.7
264	Coupelasse-Fiol	LE PERRIER	Crassostrea gigas	77	16	2013-2018	P _{J-4}	0.28
265	Gresseloup	NOIRMOUTIER EN	Crassostrea gigas	75	11	2013-2018	Pas d'effet	
266	La Sennetière	LE PERRIER	Crassostrea gigas	81	27	2013-2018	P _{J-4}	0.27
267	Le Bonhomme	NOIRMOUTIER EN	Crassostrea gigas	79	20	2013-2018	Pas d'effet	
268	Fromentine bas	LE PERRIER	Crassostrea gigas	68	26	2013-2018	C ₁₂₀	0.25
269	Embarcadère	NOIRMOUTIER EN	Ruditapes philippinarum	73	45	2013-2018	Pas d'effet	
270	Mariolle HF1 - PF2	NOIRMOUTIER EN	Crassostrea gigas	42	19	2013-2018	Pas d'effet	
271	Vasières	LE PERRIER	Ruditapes philippinarum	43	28	2013-2018	P _{J-3}	0.36
272	Fort Larron	NOIRMOUTIER EN	Ruditapes philippinarum	73	61	2013-2018	Pas d'effet	
273	Noirmoutier - La Préoire	NOIRMOUTIER EN	Ruditapes philippinarum	55	11	2013-2018	P _{J-3}	-0.33
274	Les Rouches	LE PERRIER	Ruditapes philippinarum	67	44	2013-2018	Pas d'effet	
275	Paillard	NOIRMOUTIER EN	Crassostrea gigas	73	24	2013-2018	Pas d'effet	
276	Ile d'Yeu est	L ILE D YEU	Mytilus edulis	30	11	2013-2018	Pas d'effet	
277	Fosse	NOIRMOUTIER EN	Crassostrea gigas	64	23	2013-2018	P _{J-1}	-0.31
S3	Yeu sablaire	L ILE D YEU	Spisula solida	60	5	2013-2018	Pas d'effet	

8.10 Zone 10 : de Brem-sur-mer à Angoulins

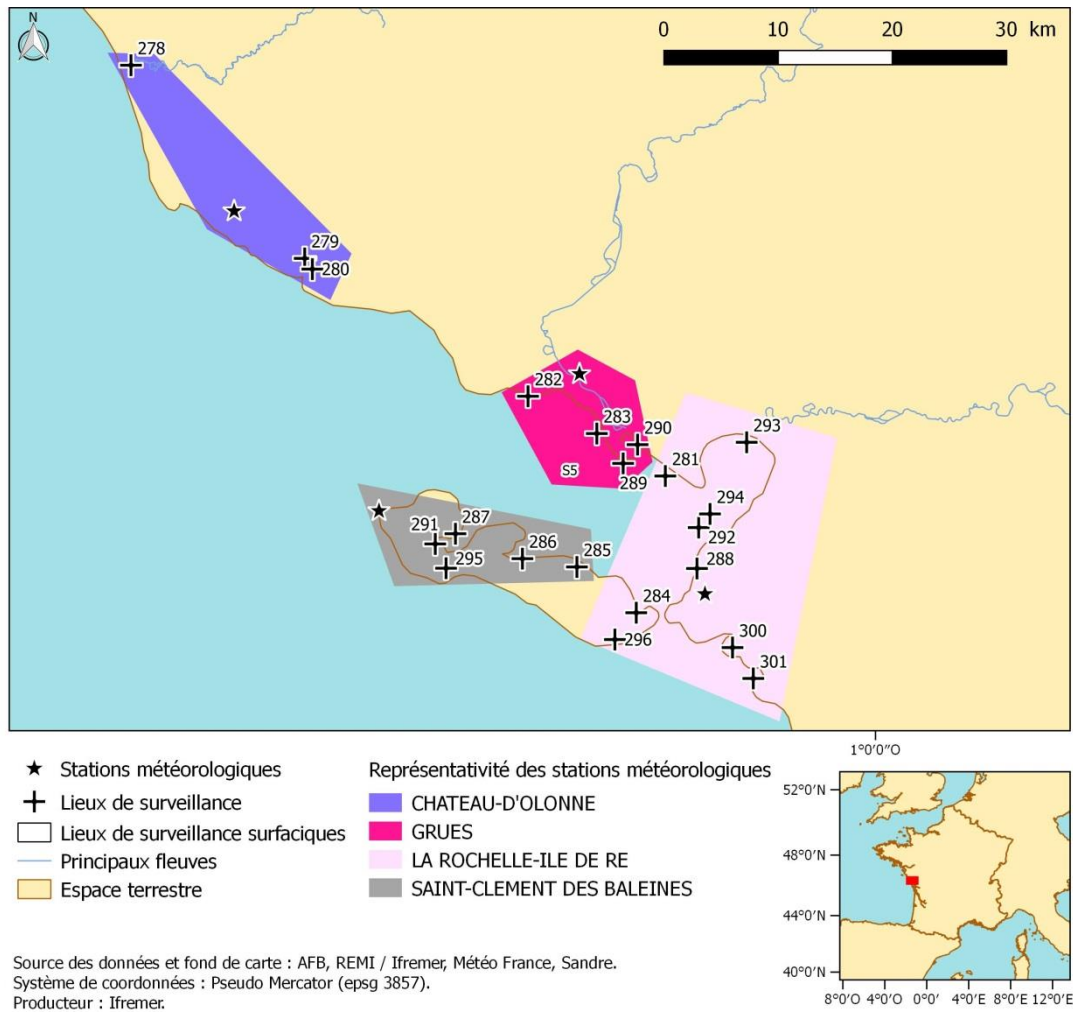


Figure 17. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France, de Brem-sur-mer à Angoulins. Le lecteur peut se référer à la Table 19 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 19. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés entre Brem-sur-mer et Angoulins. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 17. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
278	Dunes de Brétignolles	CHATEAU-D'OLONNE	<i>Crassostrea gigas</i>	58	26	2013-2018	C ₁₂₀	0.36
279	Le Veillon	CHATEAU-D'OLONNE	<i>Crassostrea gigas</i>	42	17	2013-2018	C ₇₂	0.44
280	La Guittière	CHATEAU-D'OLONNE	<i>Crassostrea gigas</i>	42	14	2013-2018	P _{J-3}	0.5
281	L'Eperon (terre)	LA ROCHELLE-ILE DE RE	<i>Mytilus edulis</i>	76	23	2013-2018	C ₁₂₀	0.41
282	Les Ecluseaux (terre)	GRUES	<i>Mytilus edulis</i>	72	16	2013-2018	P _{J-5}	0.42
283	La Passe des Esnandais (terre)	GRUES	<i>Mytilus edulis</i>	73	9	2013-2018	Pas d'effet	
284	Rivedoux (a)	LA ROCHELLE-ILE DE RE	<i>Crassostrea gigas</i>	80	15	2013-2018	P _{J-4}	0.26
285	La Flotte	SAINT-CLEMENT DES BALEINES	<i>Crassostrea gigas</i>	90	35	2013-2018	P _{J-1}	0.22
286	La Moulinatte	SAINT-CLEMENT DES BALEINES	<i>Crassostrea gigas</i>	82	19	2013-2018	P _{J-2}	-0.27
287	Fier d'Ars	SAINT-CLEMENT DES BALEINES	<i>Crassostrea gigas</i>	78	8	2013-2018	P _{J-5}	0.27
288	La Fertalière	LA ROCHELLE-ILE DE RE	<i>Crassostrea gigas</i>	69	11	2013-2018	C ₄₈	-0.57
289	La Pointe de la Roche	GRUES	<i>Mytilus edulis</i>	77	24	2013-2018	P _{J-5}	0.49
290	Le Lay (réservoirs-moules)	GRUES	<i>Mytilus edulis</i>	52	25	2013-2018	P _{J-5}	0.41
291	Le Grand Garçon	SAINT-CLEMENT DES BALEINES	<i>Ruditapes philippinarum</i>	43	25	2015-2018	Pas d'effet	
292	La Carrelère	LA ROCHELLE-ILE DE RE	<i>Mytilus edulis</i>	78	20	2013-2018	C ₁₂₀	0.53
293	Sèvre rive droite (bouée 8)	LA ROCHELLE-ILE DE RE	<i>Mytilus edulis</i>	59	23	2013-2018	P _{J-5}	0.44
294	Passe Pelle	LA ROCHELLE-ILE DE RE	<i>Mytilus edulis</i>	77	19	2013-2018	P _{J-5}	0.39
295	Le Martray	SAINT-CLEMENT DES BALEINES	<i>Crassostrea gigas</i>	78	10	2013-2018	Pas d'effet	
296	Ste Marie	LA ROCHELLE-ILE DE RE	<i>Crassostrea gigas</i>	79	14	2013-2018	Pas d'effet	
300	Escalier Gaillard	LA ROCHELLE-ILE DE RE	<i>Crassostrea gigas</i>	74	10	2013-2018	P _{J-5}	0.32
301	Aytré	LA ROCHELLE-ILE DE RE	<i>Crassostrea gigas</i>	77	26	2013-2018	C ₉₆	0.36

8.11 Zone 11 : de Châtelailon-plage à Royan

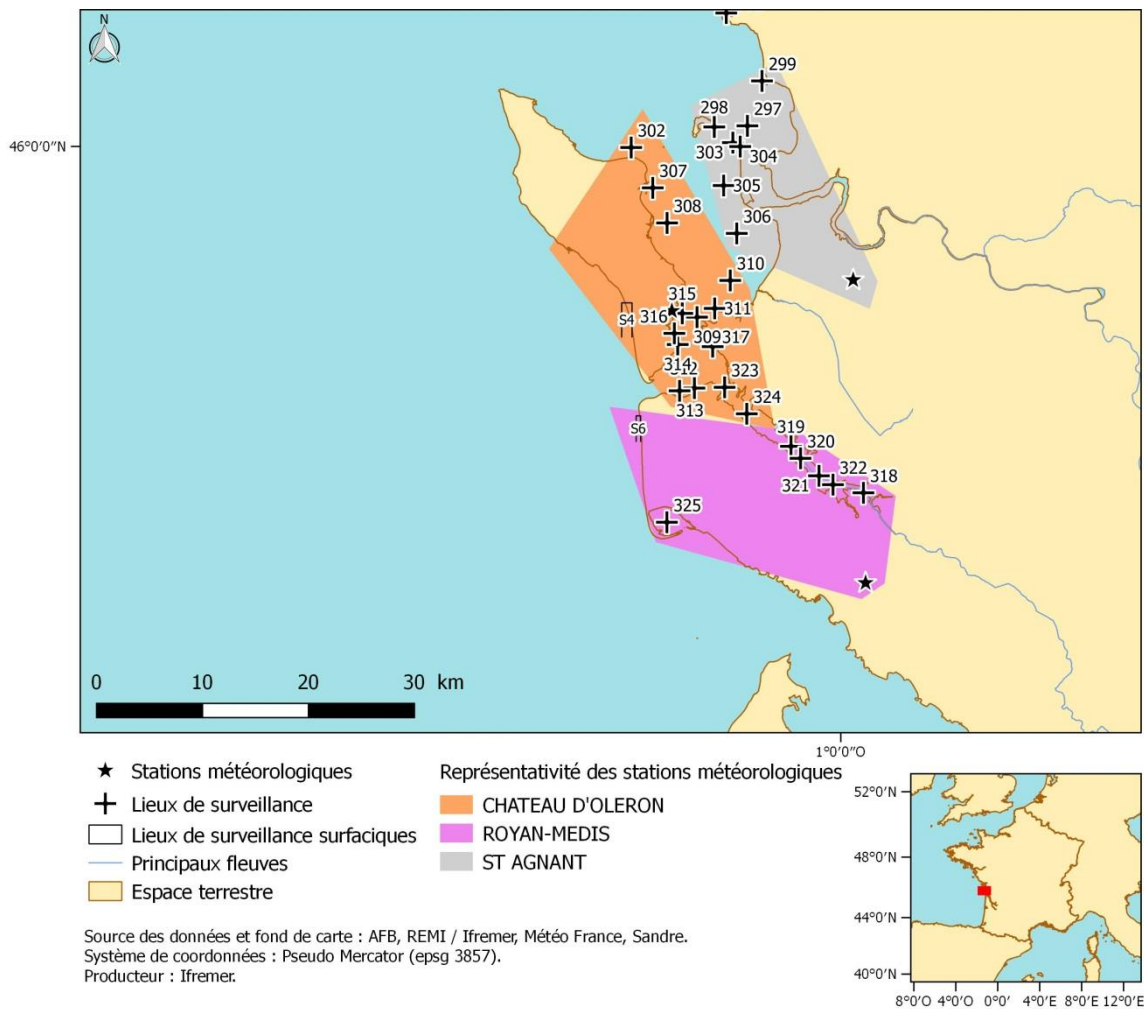


Figure 18. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France, de Châtelailon-plage à Royan. Le lecteur peut se référer à la Table 20 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 20. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance localisés entre Châtelailon-plage et Royan. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 18. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
297	Baie d'Yves (a)	SAINT AGNANT	<i>Mytilus edulis</i>	85	16	2013-2018	P _{J-5}	0.43
298	Ile d'Aix	SAINT AGNANT	<i>Mytilus edulis</i>	88	26	2013-2018	C ₁₂₀	0.56
299	Chatelaillon (a)	SAINT AGNANT	<i>Crassostrea gigas</i>	68	7	2013-2018	P _{J-4}	0.37
302	Saumonards Filières	CHATEAU D'OLERON	<i>Mytilus edulis</i>	57	2	2013-2018	Pas d'effet	
303	Les Ecussons	SAINT AGNANT	<i>Ruditapes philippinarum</i>	53	24	2014-2018	Pas d'effet	
304	Fouras sud	SAINT AGNANT	<i>Crassostrea gigas</i>	54	5	2013-2018	Pas d'effet	
305	Les Palles (a)	SAINT AGNANT	<i>Crassostrea gigas</i>	57	3	2013-2018	P _{J-5}	0.35
306	L'Estrée	SAINT AGNANT	<i>Crassostrea gigas</i>	40	0	2013-2018	Pas d'effet	
307	Vieille Goule	CHATEAU D'OLERON	<i>Crassostrea gigas</i>	78	22	2013-2018	P _{J-5}	0.27
308	Agoût	CHATEAU D'OLERON	<i>Ruditapes philippinarum</i>	30	2	2011-2018	Pas d'effet	
309	Pointe Chapus	CHATEAU D'OLERON	<i>Crassostrea gigas</i>	76	5	2013-2018	Pas d'effet	
310	Mérignac	CHATEAU D'OLERON	<i>Crassostrea gigas</i>	53	1	2013-2018	Pas d'effet	
311	Daire	CHATEAU D'OLERON	<i>Crassostrea gigas</i>	76	8	2013-2018	Pas d'effet	
312	Perquis	CHATEAU D'OLERON	<i>Crassostrea gigas</i>	68	27	2013-2018	C ₉₆	0.43
313	Ronce	CHATEAU D'OLERON	<i>Crassostrea gigas</i>	70	24	2013-2018	P _{J-3}	0.26
			<i>Ruditapes philippinarum</i>	61	44	2014-2018	Pas d'effet	
314	St Trojan	CHATEAU D'OLERON	<i>Crassostrea gigas</i>	69	4	2013-2018	Pas d'effet	
315	Ors	CHATEAU D'OLERON	<i>Crassostrea gigas</i>	77	14	2013-2018	Pas d'effet	
316	Manson	CHATEAU D'OLERON	<i>Ruditapes philippinarum</i>	53	35	2013-2018	Pas d'effet	
317	Bonnemort	CHATEAU D'OLERON	<i>Ruditapes philippinarum</i>	53	48	2014-2018	P _{J-5}	0.25
318	L'Eguille	ROYAN-MEDIS	<i>Crassostrea gigas</i>	79	54	2013-2018	P _{J-1}	0.26
319	Les Deux prises	ROYAN-MEDIS	<i>Crassostrea gigas</i>	79	24	2013-2018	Pas d'effet	
320	Chaillevette	ROYAN-MEDIS	<i>Crassostrea gigas</i>	79	40	2013-2018	P _{J-4}	0.22
321	Mouillelande (a)	ROYAN-MEDIS	<i>Crassostrea gigas</i>	78	42	2013-2018	P _{J-2}	0.21
322	Liman	ROYAN-MEDIS	<i>Crassostrea gigas</i>	79	38	2013-2018	C ₄₈	0.21
323	Mus de loup (a)	CHATEAU D'OLERON	<i>Crassostrea gigas</i>	92	20	2013-2018	P _{J-5}	-0.37
324	Cotard(a)	CHATEAU D'OLERON	<i>Crassostrea gigas</i>	94	22	2013-2018	Pas d'effet	
325	Bonne Anse - Centre	ROYAN-MEDIS	<i>Ruditapes philippinarum</i>	59	23	2013-2018	C ₁₂₀	0.38
S4	Vert Bois	CHATEAU D'OLERON	<i>Donax trunculus</i>	51	13	2013-2017	P _{J-3}	0.36
S6	La Pointe Espagnole	ROYAN-MEDIS	<i>Donax trunculus</i>	54	12	2013-2017	Pas d'effet	

8.12 Zone 12 : le bassin d'Arcachon

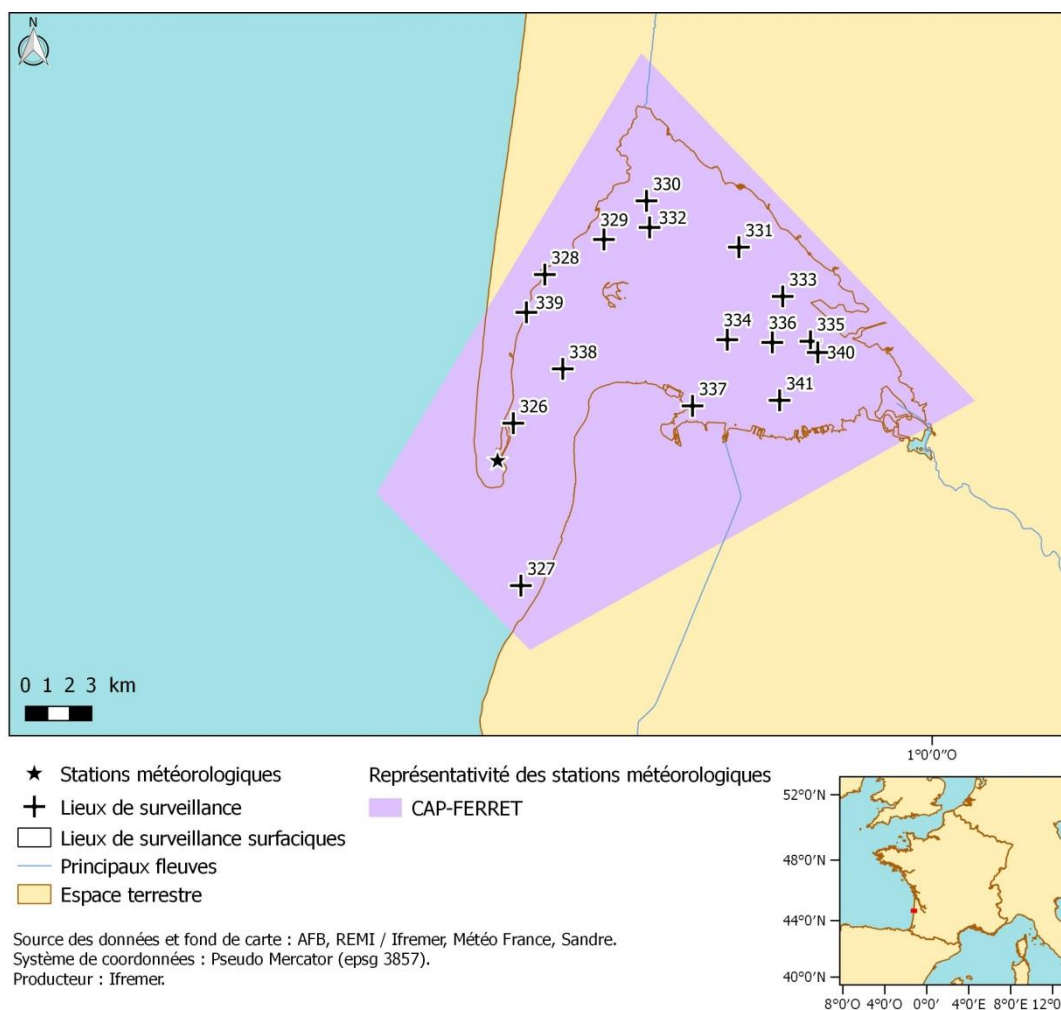


Figure 19. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France du bassin d'Arcachon. Le lecteur peut se référer à la Table 21 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 21. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés dans la zone du bassin d'Arcachon. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 19. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
326	Cap Ferret (a)	LEGE-CAP-FERRET	<i>Crassostrea gigas</i>	84	26	2013-2018	P _{J-4}	0.26
327	Banc Arguin sud	LEGE-CAP-FERRET	<i>Cerastoderma edule</i>	69	26	2013-2018	Pas d'effet	
			<i>Crassostrea gigas</i>	59	6	2013-2018	Pas d'effet	
328	Pirailan	LEGE-CAP-FERRET	<i>Crassostrea gigas</i>	56	24	2013-2018	Pas d'effet	
329	Jacquets aval	LEGE-CAP-FERRET	<i>Crassostrea gigas</i>	76	3	2013-2018	Pas d'effet	
330	Bergey	LEGE-CAP-FERRET	<i>Crassostrea gigas</i>	72	7	2013-2018	Pas d'effet	
331	Brignard	LEGE-CAP-FERRET	<i>Crassostrea gigas</i>	72	3	2013-2018	C ₁₂₀	0.45
332	Les Argiles	LEGE-CAP-FERRET	<i>Tapes</i>	37	11	2013-2018	Pas d'effet	
333	Gorp	LEGE-CAP-FERRET	<i>Crassostrea gigas</i>	57	6	2013-2018	C ₁₂₀	0.52
334	Bourrut	LEGE-CAP-FERRET	<i>Crassostrea gigas</i>	57	2	2013-2018	Pas d'effet	
335	Branne	LEGE-CAP-FERRET	<i>Crassostrea gigas</i>	71	10	2013-2018	P _{J-5}	0.32
336	Comprian (a)	LEGE-CAP-FERRET	<i>Crassostrea gigas</i>	71	15	2013-2018	Pas d'effet	
337	Bordes	LEGE-CAP-FERRET	<i>Crassostrea gigas</i>	72	19	2013-2018	P _{J-2}	0.49
338	Grand Banc	LEGE-CAP-FERRET	<i>Crassostrea gigas</i>	75	3	2013-2018	C ₁₂₀	0.63
339	Herbe	LEGE-CAP-FERRET	<i>Crassostrea gigas</i>	56	35	2013-2018	Pas d'effet	
340	La Touze	LEGE-CAP-FERRET	<i>Tapes</i>	37	23	2013-2018	P _{J-4}	0.29
341	Salines	LEGE-CAP-FERRET	<i>Crassostrea gigas</i>	72	16	2013-2018	Pas d'effet	

8.13 Zone 13 : lac d'Hossegor

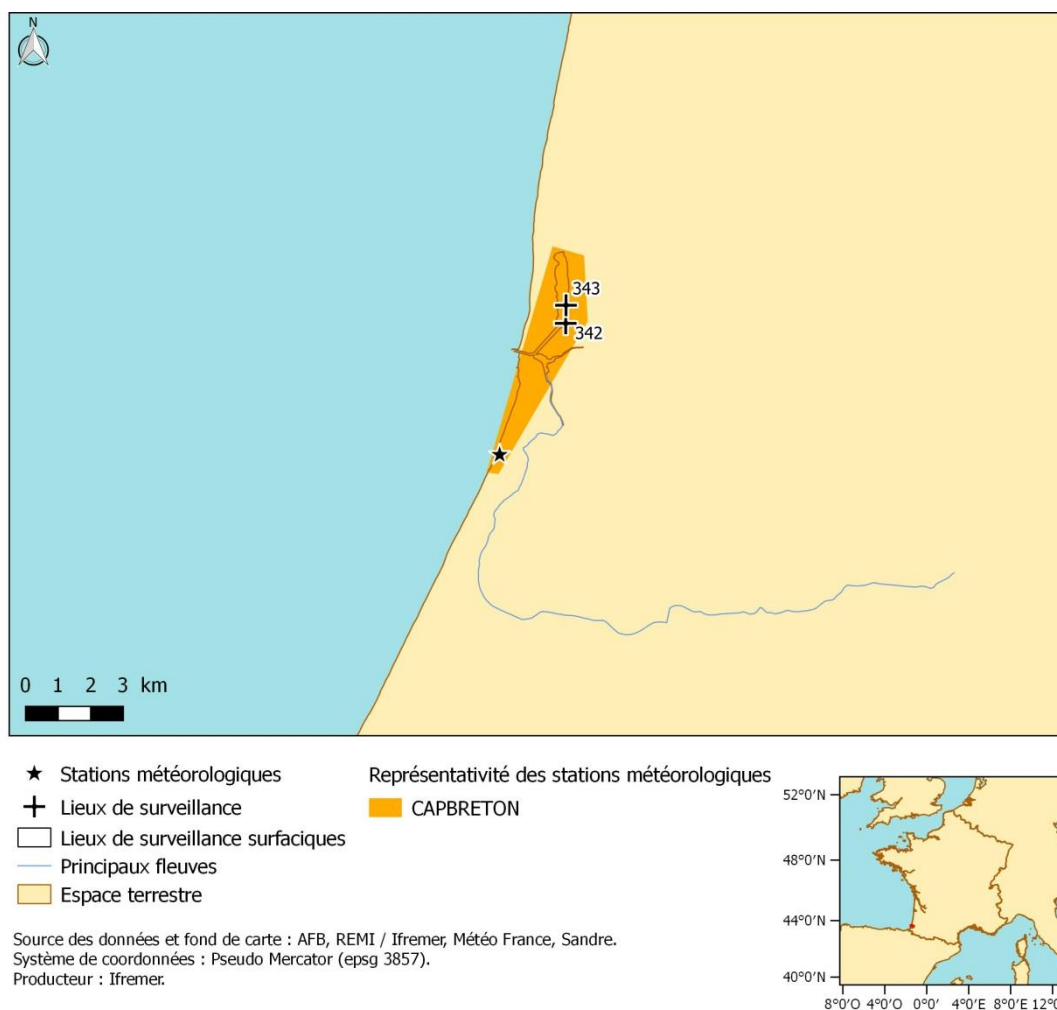


Figure 20. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France du lac d'Hossegor. Le lecteur peut se référer à la Table 22 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 22. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés dans le lac d'Hossegor. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 20. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
342	Hossegor centre vacances ptt	CAPBRETON	<i>Crassostrea gigas</i>	55	36	2013-2018	P _{J-1}	0.55
343	Hossegor limite nord parcs	CAPBRETON	<i>Crassostrea gigas</i>	55	37	2013-2018	C ₇₂	0.60

8.14 Zone 14 : de Argelès-sur-mer à Agde

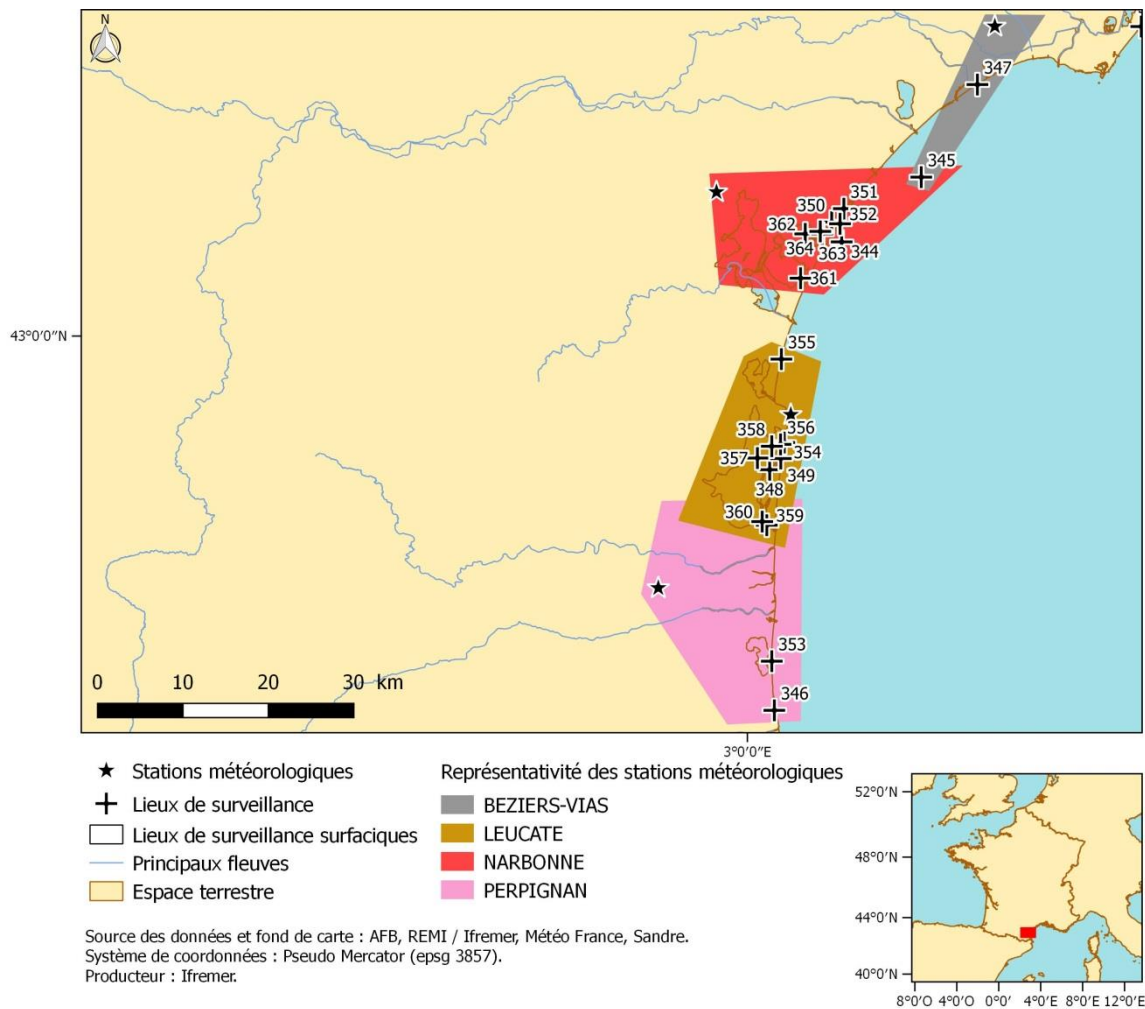


Figure 21. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France, de Argelès-sur-mer à Agde. Le lecteur peut se référer à la Table 23 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 23. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés entre Argelès-sur-mer et Agde. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 21. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
344	Filières de Gruissan	Narbonne	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	62	4	2013-2018	P ₁₋₅	0.31
345	Filières de Fleury d'Aude	BEZIERS-VIAS	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	64	3	2013-2018	Pas d'effet	
		Narbonne	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	64	3	2013-2018	Pas d'effet	
346	Etang des Capellans	PERPIGNAN	<i>Ruditapes decussatus</i>	37	34	2012-2013	C ₉₆	0.40
347	Valras - Beau Séjour	BEZIERS-VIAS	<i>Donax trunculus</i>	75	48	2013-2018	C ₁₂₀	0.49
348	Avant port de Leucate - Sud	LEUCATE	<i>Ruditapes decussatus</i>	82	48	2013-2018	P ₁₋₃	0.22
349	Avant port de Leucate - Nord	LEUCATE	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	39	9	2011-2015	P ₁₋₁	0.39
350	Etang de Mateille - Winds	Narbonne	<i>Ruditapes decussatus</i>	78	33	2013-2018	C ₄₈	0.32
351	Etang d'Ayguades - Ciné	Narbonne	<i>Ruditapes decussatus</i>	79	40	2013-2018	C ₇₂	0.53
352	Bande littorale Aude - Nord de Port La Nouvelle 1	Narbonne	<i>Donax trunculus</i>	60	17	2013-2018	C ₇₂	0.36
353	Bande littorale Pyrénées-Orientales 1	PERPIGNAN	<i>Donax trunculus</i>	73	29	2013-2017	P ₁₋₃	0.41
354	Bande Littorale Aude - Leucate 1	LEUCATE	<i>Donax trunculus</i>	33	6	2013-2018	P ₁₋₅	0.43
355	Bande Littorale Aude - Sud de Port La Nouvelle 1	LEUCATE	<i>Donax trunculus</i>	65	20	2013-2018	Pas d'effet	
356	Etang de Leucate - Est	LEUCATE	<i>Ruditapes decussatus</i>	60	49	2013-2017	Pas d'effet	
357	Parc Leucate 2	LEUCATE	<i>Crassostrea gigas</i>	54	21	2013-2018	C ₄₈	0.32
358	Grau Leucate	LEUCATE	<i>Crassostrea gigas</i>	51	20	2013-2018	P ₁₋₂	0.36
359	Etang de l'Angle	LEUCATE	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	60	7	2013-2017	C ₁₂₀	0.61
		PERPIGNAN					C ₁₂₀	0.58
		LEUCATE	<i>Ruditapes decussatus</i>	37	18	2008-2013	C ₄₈	0.48
		PERPIGNAN					P ₁₋₁	0.51
360	Salses - Presqu'île	LEUCATE	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	55	20	2013-2015	C ₉₆	0.48
		PERPIGNAN					C ₉₆	0.52
		LEUCATE	<i>Ruditapes decussatus</i>	44	38	2013-2015	P ₁₋₁	0.29
		PERPIGNAN					P ₁₋₁	0.31
361	Etang de l'Ayrolle - Grau	Narbonne	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	37	1	2013-2018	Pas d'effet	
			<i>Ruditapes decussatus</i>	72	38	2013-2018	C ₇₂	0.36
362	Etang de Gruissan - Sud	Narbonne	<i>Ruditapes decussatus</i>	67	63	2013-2018	P ₁₋₅	-0.26
363	Etang du Grazel Ouest	Narbonne	<i>Ruditapes decussatus</i>	34	22	2013-2015	C ₁₂₀	0.41
364	Grazel - Ile	Narbonne	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	70	52	2013-2018	C ₇₂	0.49

8.15 Zone 15 : de Agde au Grau-du-roi

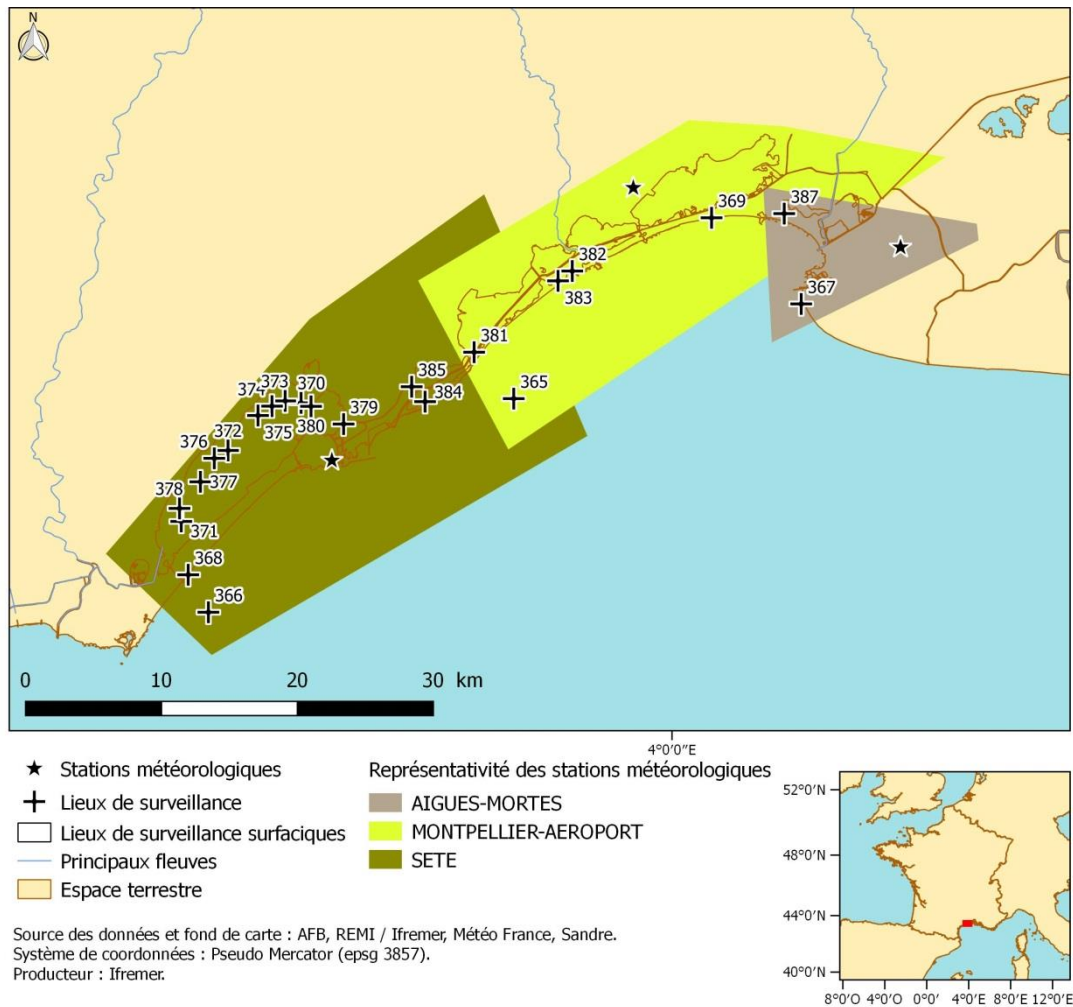


Figure 22. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France, de Agde au Grau-du-roi. Le lecteur peut se référer à la Table 24 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 24. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés entre Agde et le Grau-du-roi. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 22. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
365	Filières des Aresquiers	Montpellier	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	50	2	2013-2018	Pas d'effet	
		SETE					Pas d'effet	
366	Filières de Sète-Marseillan	SETE	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	69	6	2013-2018	C ₁₂₀	0.35
367	Espiguette	Aigues mortes	<i>Donax trunculus</i>	59	38	2013-2018	P _{J-3}	0.31
368	Marseillan plage-est	SETE	<i>Donax trunculus</i>	82	22	2013-2018	C ₉₆	0.30
369	Le Grand Travers Ouest	Montpellier	<i>Donax trunculus</i>	75	29	2013-2018	P _{J-3}	0.34
370	Bouzigues (a)	SETE	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	105	33	2013-2018	P _{J-1}	0.45
371	Marseillan large	SETE	<i>Crassostrea gigas</i>	104	43	2013-2018	C ₁₂₀	0.29
372	Mourre-Blanc large	SETE	<i>Crassostrea gigas</i>	104	15	2013-2018	C ₁₂₀	0.63
373	Bouzigues (c)	SETE	<i>Crassostrea gigas</i>	105	40	2013-2018	C ₁₂₀	0.30
374	Port de Loupian (b)	SETE	<i>Crassostrea gigas</i>	104	30	2013-2018	P _{J-1}	0.44
375	Mèze zone a	SETE	<i>Crassostrea gigas</i>	105	34	2013-2018	C ₁₂₀	0.42
376	Mèze zone b	SETE	<i>Crassostrea gigas</i>	104	24	2013-2018	P _{J-1}	0.51
377	Montpenède (b)	SETE	<i>Crassostrea gigas</i>	106	16	2013-2018	C ₉₆	0.49
378	La Fadèze	SETE	<i>Crassostrea gigas</i>	104	27	2013-2018	C ₁₂₀	0.47
379	Creusot	SETE	<i>Ruditapes decussatus</i>	85	62	2013-2018	C ₁₂₀	0.39
380	Rocher de Roquerols	SETE	<i>Ruditapes decussatus</i>	31	25	2013-2015	Pas d'effet	
381	Etang de Vic - Passe	Montpellier	<i>Ruditapes decussatus</i>	44	40	2016-2018	P _{J-5}	0.27
		SETE					C ₁₂₀	0.39
382	Etang du Prévost (a)	Montpellier	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	148	128	2013-2018	C ₇₂	0.38
383	Etang du Prévost - Ouest 1	Montpellier	<i>Ruditapes decussatus</i>	57	38	2013-2018	P _{J-3}	0.23
384	Etang d'Ingril Sud - Plan du Grau 1	SETE	<i>Ruditapes decussatus</i>	92	72	2013-2018	P _{J-4}	0.30
385	GIE	SETE	<i>Crassostrea gigas</i>	51	26	2015-2018	C ₉₆	0.45
			<i>Ruditapes decussatus</i>	71	58	2013-2018	C ₁₂₀	0.32
387	Etang du Ponant - VVF	Aigues mortes	<i>Ruditapes decussatus</i>	87	74	2014-2018	C ₁₂₀	0.38
		Montpellier					C ₁₂₀	0.44

8.16 Zone 16 : des Saintes-Maries-de-la-mer à Fos-sur-mer

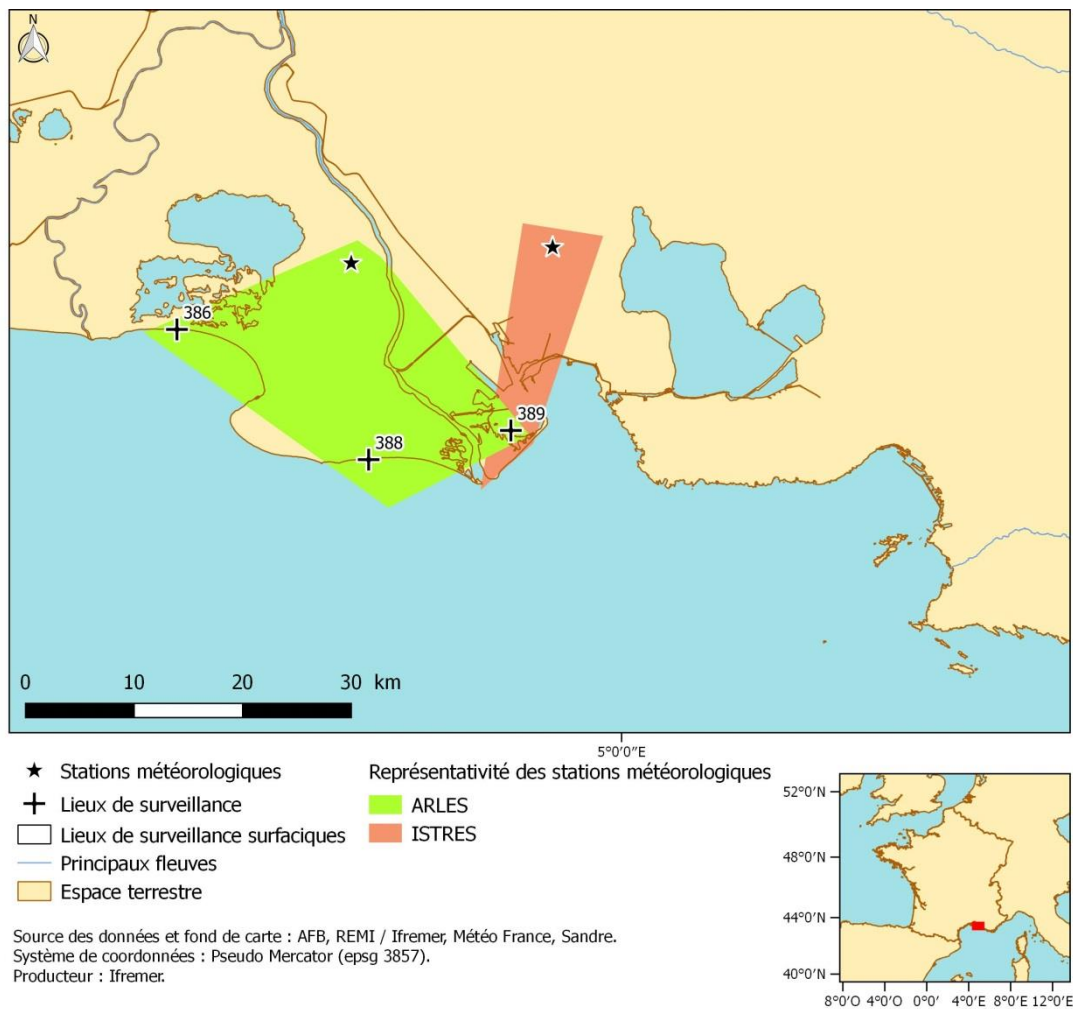


Figure 23. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France, des Saintes-Maries-de-la-mer à Fos-sur-mer. Le lecteur peut se référer à la Table 25 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 25. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés entre les Saintes-Maries-de-la-mer et Fos-sur-mer. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 23. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
386	Rousty	ARLES	<i>Donax trunculus</i>	45	22	2013-2018	P _{J-1}	0.47
388	Courbe	ARLES	<i>Donax trunculus</i>	73	33	2013-2018	P _{J-1}	0.30
389	Anse de Carteau 2	ARLES	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	81	22	2013-2018	C ₁₂₀	0.43
		ISTRES					C ₁₂₀	0.40

8.17 Zones 17 et 18 : la Seyne-sur-mer et étangs de Diane et d'Urbino

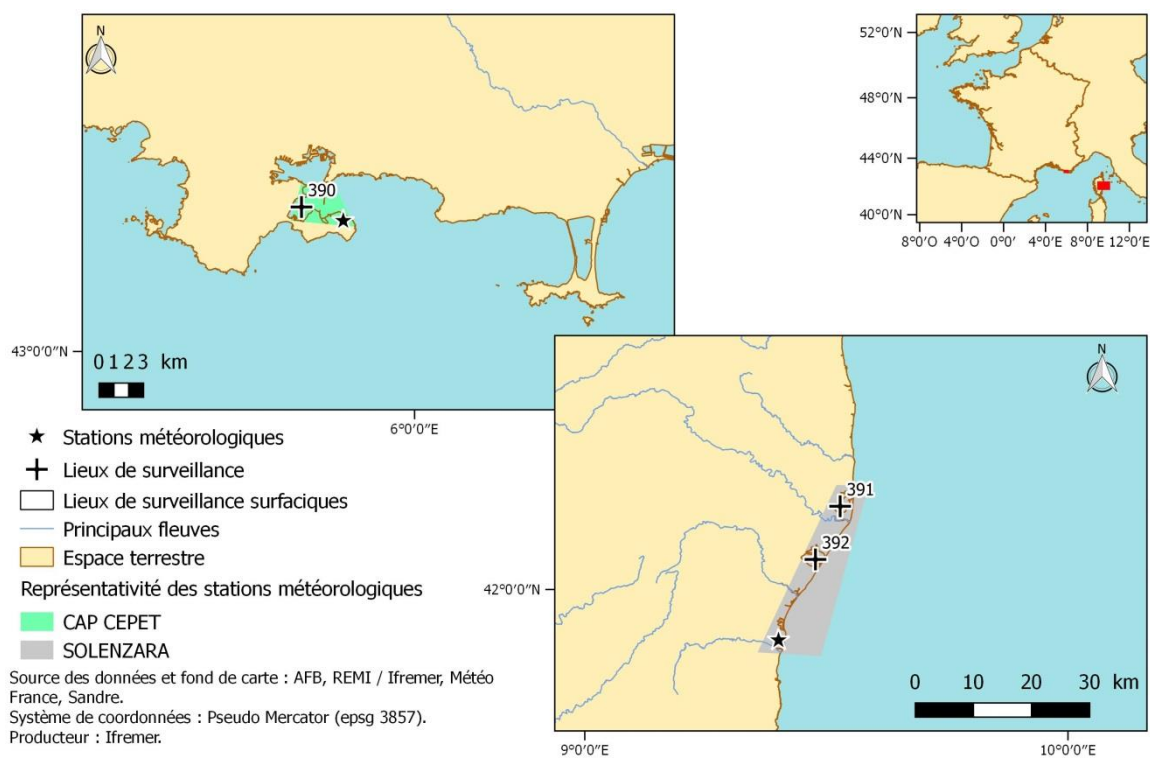


Figure 24. Localisation des lieux de surveillance microbiologique et des stations Météo France, à la Seyne-sur-mer et dans les étangs de Diane et d'Urbino. Le lecteur peut se référer à la Table 26 pour plus d'information sur l'association entre les numéros et les lieux de surveillance.

Table 26. Synthèse des résultats pour les lieux de surveillance REMI localisés à la Seyne-sur-mer et dans les étangs de Diane et d'Urbino. Les numéros des lieux correspondent aux numéros indiqués dans la Figure 24. N : nombre de mesures disponibles sur la période considérée (c.-à-d. sur l'étendue temporelle) ; N⁺ : nombre de mesures quantifiées sur la période considérée. Les lignes orangées correspondent aux séries pour lesquelles la relation entre les concentrations en *E. coli* et la pluviométrie n'est pas significative ou est négative.

Numéro	Lieu de surveillance	Station météorologique	Taxon	N	N ⁺	Etendue temporelle	Effet sélectionné	CC médian
390	Lazaret (a)	CAP CEPET	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	105	97	2013-2018	Pas d'effet	
391	Diana centre	Solenzara	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	81	38	2013-2018	C ₁₂₀	0.43
392	Etang d'Urbino - Centre	Solenzara	<i>Crassostrea gigas</i>	61	21	2013-2017	P _{J-2}	0.41